

جمهورية مصر العربية
وزارة الاسكان والمرافق والمجتمعات والعمرانية
مركز بحوث الاسكان والبناء

الكـود المصرى
لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

اللجنة الدائمة للكود المصري
لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية
كود رقم ٢٠٣
التحديث الثانى

اصدار ٢٠٠١

جمهورية مصر العربية

وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

مركز بحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

كود رقم ٢٠٣ - تحديث ثانى - إصدار ٢٠٠١

ECCS 203 - 2001

اللجنة الدائمة للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

الطبعة السابعة

صدر فى الوقائع المصرية فى العدد رقم ١١٦
بتاريخ ٣ ربيع الأول لسنة ١٤٢٢ هـ الموافق ٢٦ مايو لسنة ٢٠٠١ م
رقم الإيداع بدار الكتب المصرية ٢٦٨ لسنة ٢٠٠١

تقديم

- صدرت أسس تصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة للمرة الأولى فى مصر عام ١٩٣٠ حيث أصدرت مصلحة السكة الحديد المصرية المواصفات العامة لأعمال التصميم والإنشاءات للمنشآت الخرسانية وغيرها. وفى نفس العقد من الزمان اصدرت مصلحة الطرق والكبارى اشتراطات الأعمال الخرسانية. ومازالت كل من هذه المواصفات والاشتراطات سارية المفعول فى جهة إصدارها - بعد تحديثها من حين لآخر - بما لا يتعارض مع حدود الوثائق التى صدرت بعد ذلك، كما صدرت اشتراطات وأسس التصميم والتنفيذ للخرسانة المسلحة فى المبانى عام ١٩٦٢ وأعيد إصدارها بعد تعديلها عام ١٩٦٩ تنفيذاً للقانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤.

- ونظراً للتطور المستمر فى مجال التشييد عموماً فقد تم تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزارى رقم ٣٨٣ لسنة ١٩٨٤ والتى قامت باعداد الكود الذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٤٦٤ لسنة ١٩٨٩. وقد تم عمل التحديث الأول لهذا الكود وصدر بالقرار الوزارى رقم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٥.

- تم تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزارى رقم ٤٩٣ لسنة ١٩٩٦ والقرارات المكملة رقم ٦٩ لسنة ١٩٩٨ ورقم ١٤١ لسنة ١٩٩٨. وقد عقدت اللجنة الدائمة للكود إجتماعات مكثفة تم من خلالها إجراء تعديلات فى كافة الأبواب وقد تم إضافة الباب العاشر الخاص بالخرسانة سابقة الإجهاد كما تم إضافة جزء عن الخرسانة سابقة الصنع والتحليل الإنشائى باستخدام الحاسب الآلى. كما قامت اللجنة الدائمة للكود بإصدار ثلاثة ملاحق منفصلة للكود. يتضمن الأول مساعدات التصميم ويتضمن الثانى دليل اعداد الرسومات والتفاصيل الإنشائية أما الثالث فيشمل دليل الإختبارات المعملية للمواد المستخدمة فى صناعة الخرسانة.

- هذا وقد تم بعون الله اصدار هذا التحديث للكود بالقرار الوزارى رقم ٩٨ لسنة ٢٠٠١ وقد نص القرار على أن تتولى اللجنة الدائمة لهذا الكود تحديثه اذا دعت الحاجة لذلك وتصير التعديلات بعد إصدارها جزءاً لا يتجزأ من الكود كما يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء العمل على تنفيذ الكود ونشره والتدريب عليه بما يحقق ارتقاء صناعة الخرسانة المسلحة فى مصر.

والله ولى التوفيق

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

قرار وزارى

رقم (٩٨) لسنة ٢٠٠١

بشأن تحديث الكود المصرى

لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ فى شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٥ لسنة ١٩٦٩ فى شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ أعمال الخرسانة المسلحة فى المبانى.
- وعلى القرار الجمهورى رقم ٤٦ لسنة ١٩٧٧ فى شأن الهيئة العامة لمركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى.
- وعلى القرار الوزارى رقم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٥ بشأن الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٢ لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٣ لسنة ١٩٩٦ والمتضمن تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة والقرارات المكملة رقم ٦٩ لسنة ١٩٩٨ ورقم ١٤١ لسنة ١٩٩٨.
- وعلى المذكرة المقدمة من كل من السيد الأستاذ الدكتور / رئيس اللجنة الدائمة لأسس تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة والسيدة الأستاذ الدكتور / رئيس مجلس إدارة مركز بحوث الإسكان والبناء .

قــــــــرر

مادة (١) : تحديث الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة الصادر بالقرار الوزارى رقم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٥ طبقاً لما هو وارد بالكود المرفق.

مادة (٢) : تتولى اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة اقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك وتصير التعديلات بعد إصدارها جزءاً لا يتجزأ من الكود.

مادة (٣) : يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء العمل على تنفيذ ما جاء بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة ونشره والتدريب عليه.

مادة (٤) : ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذاً من تاريخ نشره.

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

صدر فى ٢١ / ٤ / ٢٠٠١

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

المحتويات

الباب الثالث

الباب الرابع

الباب الخامس

الباب السادس

الباب السابع

الباب الثامن

الباب التاسع

الباب العاشر

الملاحق

الباب الأول

المجال وأسس التصميم

١-١ مجال الكود

١- يحدد هذا الكود المتطلبات الدنيا التى يجب مراعاتها فى حساب وتصميم وتنفيذ ومراجعة العناصر والمنشآت الخرسانية وتحقيق كفاءتها. أما المنشآت الخرسانية ذات الطابع الخاص مثل الكبارى وخزانات السوائل والصوامع والمداخن والمنشآت المقاومة للانفجارات والقشريات ، وكذلك المنشآت التى يتم تنفيذها بأساليب وطرق بناء غير تقليدية فيمكن أن يطبق عليها هذا الكود عندما لا تتعارض بنوده مع التوصيات الخاصة لهذه المنشآت على أن يضيف المهندس الاستشارى للمشروع الاشتراطات الإضافية الملائمة لنوعية المنشأ إلى مواصفات المشروع.

٢- يُشترط أن يتولى مهندس نقابى ذو خبرة كافية فى كل من أعمال: التصميم – التنفيذ – الاشراف على التنفيذ – الرقابة، وللمهندس المعتمد أن يستعين بغيره من المهندسين المعتمدين من النقابة وذلك على مسئوليته.

٣- يشمل الكود بيان القواعد التطبيقية لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية ومواصفات موادها وتشغيلها ، كما يتضمن بياناً بمتطلبات التفتيش وضبط الجودة والرقابة التى يمكن اتباعها.

٤- لا يشتمل هذا الكود على الاشتراطات الخاصة بالمنشآت التالية:

- المنشآت من الخرسانة خفيفة الوزن.
- المنشآت ذات القطاعات المركبة.

٥- لا يعفى خضوع التصميم والتنفيذ لما ورد بهذا الكود من أية مسئوليات أو التزامات قانونية.

١-٢ أغراض الكود

تتلخص الأغراض التى يحققها هذا الكود فى أن يكون المنشأ فى عناصره وأجزائه المختلفة ومجموعاته ممثلا وحدة متكاملة ومحققاً متطلبات الاستعمال والتشغيل التى أنشىء من أجلها مع توافر عامل أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان والتشكل (التشوه) والترخيم وحدوث الشروخ المعيبة.

١-٣ أسس التصميم

يسمح الكود باستعمال إحدى الطريقتين التاليتين للتصميم:

- طريقة حالات الحدود.
- طريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل).

وتتلخص أسس التصميم لكل من الطريقتين فى تحديد الأمور التالية :

١- الخواص والمقاومات للمواد الداخلة فى تكوين الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد وتحديد العوامل التى تؤثر عليها، وكذلك تحديد الخواص المميزة التى يتم تصميم المنشأ على أساسها ومن ثم تحديد عوامل الأمان الكافية أثناء الإنشاء والتشغيل. وتؤخذ خواص المواد ومقاوماتها ومتطلبات اختبارها طبقاً لما ورد فى هذا الكود.

٢- القوى الخارجية والأحمال الثابتة والمتحركة والأفعال التى يتعرض لها المنشأ نتيجة تغير الحرارة والانكماش والزحف وتحرك الركائز ، وكذلك التى تؤثر على المنشأ أثناء تشييده وتشغيله يتم تحديد قيمها فى ظروف التشغيل وذلك طبقاً لكود الأحمال أو عند بلوغ أى حالة من حالات الحدود طبقاً للباب الثالث من هذا الكود.

٣- القوى الداخلية فى عناصر المنشأ المختلفة (عزوم الانحناء - قوة القص واللى - القوة المحورية) الناجمة عن القوى والأحمال والأفعال المذكورة فى الفقرة السابقة وكيفية توزيعها واتزانها يتم تحديد قيمتها طبقاً لنظرية المرونة.

٤- التأكد من تحقق التكامل الإنشائي بين العناصر المختلفة للمنشآت الخرسانية بما يكفل عدم حدوث انهيار تتابعى يؤدى إلى انهيار كامل للمنشأ.

١-٤ تحديد حالات الحدود

تأخذ طريقة التصميم طبقاً لهذا الكود كلاً من حالات الحدود فى الاعتبار ، مع ضرورة التحقق من أن المنشأ كله يعمل كوحدة واحدة، وكذلك كل عنصر من عناصره قادر فى كل حالة من حالات الحدود وبمعامل أمان كاف أن يقاوم جميع الأحمال والتأثيرات التى يمكن أن يتعرض لها سواء أثناء مرحلة الإنشاء أو التشغيل ولأى من الحالات الحرجة التى يخشى أن يصبح فيها المنشأ غير صالح للاستخدام، وحالات الحدود هى كما يلى:

١- حالات حد المقاومة القصوى

وتكون نتيجة تصدع أى جزء فى المنشأ أو فقد الثبات فى عنصر منه أو فى مجموعة من عناصره.

٢- حالات حد عدم الاستقرار

وتكون نتيجة الانبعاج لأحد عناصر المنشأ أو فقد الاتزان الكلى كحدوث دوران للمنشأ كوحدة واحدة أو الانزلاق أو الطفو (Uplift).

٣- حالات حدود التشغيل

أ- حالة حد التشرخ : وتكون عند تجاوز الحدود المسموح بها للتشرخ.

ب – حالة حد الترخيم : وتكون عند تجاوز حدود الترخيم المقبولة دون الإخلال بالاتزان ويدخل فيه الاهتزاز غير المقبول.

الباب الثانى

مواد وخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٢-١ اعتبارات عامة

يختص هذا الباب بمواد وخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد من حيث الخواص وتعيين نسب المكونات طبقاً لظروف تشغيل الخرسانة والنوعية المطلوبة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة. وتُتبع المواصفات القياسية المصرية وتعديلاتها ــ الصادرة عن الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى وجودة الإنتاج ــ لخواص المواد واختبارها فى جميع بنود هذا الباب. وفى حالة عدم وجود مواصفات قياسية لأى منها تتبع المواصفات القياسية الصادرة عن الهيئة الدولية للتوحيد القياسى:

International Organization for Standardization (ISO).

وفى حالة عدم وجود الأخيرة يمكن اتباع مواصفات قياسية أخرى وتعديلاتها على أن يكون متفقاً عليها بين جميع أطراف التعاقد، وذلك لحين صدور مواصفات قياسية مصرية من الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى وجودة الإنتاج.

وفيما يلى بيان المواصفات المصرية الحالية ذات الصلة بهذا الباب:

م.ق.م ١٩٩١/٣٧٣ الأسمنت البورتلاندى العادى وسريع التصلد.
م.ق.م ١٩٧٩/١٤٥٠ الأسمنت البورتلاندى فائق النعومة (٤١٠٠).
م.ق.م ١٩٩٢/٩٧٤ الأسمنت البورتلاندى الحديدى.
م.ق.م ١٩٩٣/٥٨٣ الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات.
م.ق.م ١٩٩٢/٥٤١ الأسمنت البورتلاندى منخفض الحرارة.
م.ق.م ١٩٩٢/٢١٤٩ الأسمنت البورتلاندى متوسط الحرارة.
م.ق.م ١٩٩٥/٢٧٩٦ الأسمنت عالى خبث الحديد.
م.ق.م ١٩٩٥/٢٧٩٧ الأسمنت عالى المقاومة للكبريتات.
م.ق.م ١٩٩٢/١٠٣١ الأسمنت البورتلاندى الأبيض.
م.ق.م ١٩٩١/١٩٤٧ طرق أخذ عينات الأسمنت.
م.ق.م ١٩٩٨/٣٣٧٥ المواصفات الفنية لتخزين الأسمنت واحتياطات التعامل مع الأسمنت.

م.ق.م ٢٤٢١ اختبار الخواص الفيزيقية والميكانيكية للأسمنت:

م.ق.م ١٩٩٣/٢٤٢١ الجزء الأول: تعيين زمن الشك للأسمنت.
م.ق.م ١٩٩٣/٢٤٢١ الجزء الثانى: تعيين نعومة الأسمنت.
م.ق.م ١٩٩٣/٢٤٢١ الجزء الثالث: اختبار مقاومة الأسمنت للضغط.
م.ق.م ١٩٩٣/٢٤٢١ الجزء الرابع: تقدير ثبات حجم الأسمنت (التمدد) بطريقة الأوتوكلاف.
م.ق.م ١٩٩٣/٢٤٢١ الجزء الخامس: تقدير ثبات حجم الأسمنت (التمدد) بطريقة لوشاتلييه.

م.ق.م ١٩٧١/١١٠٩ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – وتعديلاتها.

م.ق.م ١٩٩٠/١٨٩٩ إضافات الخرسانة: الجزء الأول: الإضافات المخفضة للماء والإضافات المعجلة للشك والإضافات المبطئة للشك.
م.ق.م ١٩٦٩/٧٦ اختبار الشد للمعادن.
م.ق.م ١٩٩٩/٢٦٢ أسياخ الصلب لتسليح الخرسانة – وتعديلاتها.
م.ق.م ١٩٩٠/١٦١٨ شبك أسياخ الصلب الملحومة لتسليح الخرسانة.

م.ق.م ١٦٥٨ طرق اختبار الخرسانة:

م.ق.م ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الأول: طريقة أخذ عينات الخرسانة الطازجة في الموقع.
م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثانى: طريقة تعيين الهبوط للخرسانة الطازجة.
م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثالث: طريقة تعيين عامل الدمك للخرسانة الطازجة.
م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الرابع: طريقة عمل أسطوانات الاختبار من الخرسانة الطازجة.
م.ق.م ١٩٩١/١٦٥٨ الجزء الخامس: طريقة عمل مكعبات الاختبار من الخرسانة الطازجة.
م.ق.م ١٩٩٣/١٦٥٨ الجزء السابع: طريقة المعالجة العادية لعينات الاختبار.

٢-٢ خواص مواد الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٢-٢-١ الأسمنت

١- يكون الأسمنت المستعمل من النوع البورتلاندى العادى أو البورتلاندى سريع التصلد أو البورتلاندى المقاوم للكبريتات أوالبورتلاندى منخفض الحرارة أو البورتلاندى الأبيض أو البوزولانى أو الأسمنت عالى الخبث.

٢- فى حالة استخدام أسمنت بخلاف العادى وسريع التصلد، يجب أن تتوافر الخبرة السابقة فى استعماله بنجاح.

٣- يمكن استعمال الأسمنت البورتلاندى الحديدى على أن يكون مطابقاً لجميع الاشتراطات المنصوص عليها بالمواصفات القياسية المصرية، مع الأخذ فى الاعتبار ضرورة استمرار معالجة الخرسانة لمدة لا تقل عن أربعة أسابيع.

٤- يمكن استعمال الأسمنت البورتلاندى عالى الخبث فى منشآت البيئة البحرية وما يشابهها.

٥- عند استخدام الأنواع المختلفة من الأسمنت البوزولانى - كوسيلة للحد من ظاهرة التمدد التى تحدثها التفاعلات القلوية السيليسية داخل الخرسانة أو التفاعلات المهاجمة بتركيزات عالية من الكبريتات - يُشترط أن تكون المكونات الكيميائية للشق البوزولانى لهذه الأسمنتات مطابقة للمواصفات كما يجب أن تكون على هيئة زجاجية تضمن نشاطه مع المحتوى الأسمنتى.

٦- يُشترط ألا تزيد نسبة القلويات فى الأسمنت – معبراً عنها كأكسيد صوديوم مكافئ – على ٠,٦ % من وزن الأسمنت فى حالة استخدام ركام ذى مكونات سيليسية نشطة.

٧- يورد الأسمنت للموقع فى أكياس مُحكمة أو حاويات مُغلقة، ويُشون بحيث تكون طريقة التخزين كافية لمنع وصول الرطوبة للأسمنت وعدم تعرضه لأشعة الشمس المباشرة.

٨- فى حالة توريد الأسمنت للموقع سائباً فى حاويات يجب انتظار فترة قبل استخدامه بحيث لا تزيد درجة حرارته عند الاستخدام على ٧٥°م.

٩- يجب اختبار الأسمنت قبل الاستخدام ، وفى حالة تخزين الأسمنت بالموقع لمدة تزيد على شهر – حتى وإن كان التخزين بطريقة سليمة – فإنه يلزم إعادة اختباره للتحقق من عدم تغير خواصه عن الحدود الواردة بالمواصفات القياسية المصرية.

٢-٢-٢ الركام

١- تُعتبر مجارى الأنهار والصحراء وشواطئ البحار من المصادر الأكثر شيوعاً للركام الطبيعى، وإن كان يُحظر استخدام ركام الشواطئ إلا بعد التأكد من صلاحيته الكيميائية أو التحكم فى نسبة الأملاح به. كما يمثل كسر الصخور والحجارة مصدراً رئيسياً آخر للركام الطبيعى الذى تتنوع خواصه مع الاختلاف فى التكوينات الجيولوجية للصخور والحجارة وأماكن تواجدها.

٢- يجب أن تكون حبيبات الركام الطبيعى صلدة وقوية الاحتمال وخالية من المواد الضارة على النحو الذى يفى بالقيم الواردة فى الجدولين (٢-١) و (٢-٢)، وألا يكون لها تأثير سلبى على شك وتصلد ومقاومة الخرسانة ومدى تحملها مع مرور الزمن أو على صلب التسليح. ويجوز الأخذ بالبيانات المتوافرة عن الأنواع المختلفة من الركام، على أن تُستكمل أى اختبارات أخرى بالقدر الذى يناسب مصدر الركام وطبيعة المنشأ.

٣- بالنسبة للركام الذى سيستخدم فى العناصر الإنشائية المعرضة للبلل فيجب التأكد من خلوه من أى مكونات سيليسية نشطة أو كربونية لها قابلية التفاعل مع قلويات الأسمنت منتجة تمدداً أو شروخاً غير مرغوب فيها. وعلى الاستشاري اللجوء للفحوصات الدقيقة مثل فحص الأشعة السينية المتفرقة (X – ray defraction) والتحاليل البتروجرافية (Petrographic analysis) والاختبارات التى تنص عليها المواصفات القياسية فى هذا الشأن للتأكد من صلاحية الركام . وفى حالة الركام ذى النشاط السيليسى فيرجع للبندين (٢-٢-١) و (٢-٣-٤-١٠).

٤- يجب التأكد من عدم احتواء الركام الكبير على نسب تزيد على القيم المسموح بها من الحبيبات المفلطحة أو العصوية وخاصة الركام الناتج من كسارات ركام الخرسانة كما هو مبين بالجدول (٢-١).

٥- يجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة بالخرسانة أو بصلب التسليح مثل بيريت الحديد أو الفحم وألا تحتوى على شوائب عضوية بكمية تؤثر تأثيراً ضاراً على شك أو تصلد أو مقاومة الخرسانة أو مدى تحملها مع الزمن أو على صلب التسليح.

٦- يجوز فى حالات خاصة استخدام ركام مُصنع بشرط استيفائه لحدود ومتطلبات المواصفات القياسية التى تُحدد صلاحيته لأعمال الخرسانة المسلحة.

٧- يجب أن يكون الركام متدرجاً طبقاً للمواصفات القياسية المصرية بمقاسات مختلفة للحبيبات وموزعة توزيعاً منتظماً فى الخليط الشامل كما يجب أن لا تقل نسبة الرمل بالوزن عن ٤٠% من الركام الشامل فى خرسانة الضخ.

٨- لا يقل معاير نعومة الركام الصغير عن ٢,٦ فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

٩- فى حالة عدم توافر الركام بالتدرجات الحبيبية الواردة بالمواصفات القياسية المصرية يمكن تحديد منحنيات تدرج حبيبى مناسبة بناء على دراسات وتجارب مختبرية وحقلية.

١٠- يجب أن يكون المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير فى الحدود المسموح بها فى المواصفات القياسية المصرية على ألا يتعدى ذلك المقاس (خُمس) البعد الأصغر بين جانبى شدة القطاع الخرسانى أو (ثُلث) سمك البلاطة الخرسانية أو (ثلاثة أرباع) المسافة الخالصة بين أسياخ التسليح.

١١- لا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير على ٤٠ مم فى الخرسانة المسلحة، كما لا يزيد على ٢٥ مم فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

جدول (٢-١) الحدود المسموح بها لبعض الخواص الفيزيقية والميكانيكية للركام

الخاصية	الحد الأقصى المسموح به	
	الركام الكبير	الركام الصغير
١- النسبة المئوية بالوزن للمواد الناعمة المارة من منخل ٧٥ ميكرون (منخل رقم ٢٠٠)	الزلط وكسر الزلط (١%) كسر الحجارة** (٣%)	الرمل الطبيعى (٣%) كسر الحجارة** (٥%)
٢- النسبة المئوية بالوزن للتكتلات الطينية والمواد القابلة للتفتت	٣ %	٣ %
٣- الصلادة معبراً عنها بالنسبة المئوية بالوزن للمار من منخل رقم ١,٧ مم بعد ٥٠٠ دورة تفتت في ماكينة لوس أنجلوس	الزلط وكسر الزلط ٢٠% كسر الحجارة ٣٠%	——
٤- دليل التفلطح Flatness Index	٢٥ %	——
٥- دليل العصوية (الاستطالة) Elongation Index	٢٥ %	——
٦- النسبة المئوية للامتصاص الطبيعى بعد ٢٤ ساعة***	٢,٥ %	٢,٥ %

* تُحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية .

** بشرط خلوها من الطين والطمى والطفلة.

*** فى حالة زيادة نسبة الامتصاص على ٢,٥ % يجب أن يفى الركام بشروط الصلادة وثبات الحجم وأن تثبت الخبرة السابقة جودة استخدامه.

جدول (٢-٢) الحدود المسموح بها للكلوريدات والكبريتات بالركام وثبات الحجم للركام

الخاصيـــة*	الحد الأقصى كنسبة مئوية من وزن الركام	
	الركام الكبير	الركام الصغير
١- محتوى الكلوريدات القابلة للذوبان فى الماءِ (Cl^-)**	٠,٠٤ %	٠,٠٦ %
٢- محتوى الكبريتات الكلية على هيئة (SO_3) ***	٠,٤ %	٠,٤ %
٣- ثبات الحجم الكيميائى (معبراً عنه بالنسبة المئوية للفاقد فى الوزن):		
٣-أ- التعرض لـــ ٥ دورات فى محلول كبريتات الصوديوم	١٢	١٠
٣-ب- التعرض لـــ ٥ دورات فى محلول كبريتات المغنسيوم	١٨	١٥

* تُحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية .

** لا تزيد النسبة المئوية لمحتوى الكلوريدات القابلة للذوبان في الماء على ٠,٠١٥ % من الركام الشامل فى حالة الخرسانة سابقة الإجهاد.

*** بشرط خلو الركام من الجبس.

٢-٢-٣ ماء الخلط والمعالجة

١- يكون الماء المستعمل فى خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضـــــارة مثـــل الزيـــوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح، كذلك الطين والطمى وأية مواد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح. ويشترط فى ماء خلط الخرســــــانة ألا يزيـــد محتـــوى الأملاح فيه على القيم الموضحة فى هذا البند فقرة ٨ .

٢- لا يقل – بصفة عامة – الأس الهيدروجينى (pH) لماءالخلط عن (٧) ، و يجـــــب إجــراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلى قبل استخدام الماء.

٣- يُعتبر الماء الصالح للشرب – باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية – مناســـباً فـــى جميـــع الأحوال لخلط الخرسانة. وفى حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلـــط ومعالجة الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقاً وذلك بالإضافة إلى ما يلى:

أ – لا يزيد زمن الشك الابتدائى لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر مـــن ٣٠ دقيقـــة على زمن الشك الابتدائى لعينات بنفس الأسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب، وعلـــى ألا يقل زمن الشك الابتدائى بأية حال عن ٤٥ دقيقة.

ب - لا تقل مقاومة الضغط لمكعبات المونة القياسية بعد ٧ و ٢٨ يوماً والتى استعمل فيها هذا الماء عن ٩٠ % من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جُهزت بماء خلط صالح للشرب عند نفس العمر، مع استخدام القالب القياسى لاختبار المونة القياسية فى كلتا الحالتين.

جـ - يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذى سيستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ وذلك في مراحل كل من الخلطات المختبربة التجريبية والتأكيدية.

٤- لا يُسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر فى خلط الخرسانة المسلحة بجميع أنواعها.

٥- يجوز استعمال ماء البحر - عند الضرورة - فى خلط الخرسانة العادية بدون تسليح، على أن يتم تصميم خلطة بنفس الماء مع زيادة محتوى الأسمنت فى الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة وبشرط عدم ملامستها لسطح خرسانة مسلحة مع توافر الخبرة السابقة فى استخدام ماء البحر بنجاح.

٦- يُعتبر الماء الصالح فى خلط الخرسانة المسلحة صالحاً للاستعمال في معالجتها.

٧- يجب ألا يُحدث الماء المستخدم فى المعالجة بقعاً أو تزهيراً أو ترسيباً أو أية ظواهر غير مقبولة على سطح الخرسانة.

٨- يشترط فى ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح والمواد الضارة على:

- ٢,٠٠ جرام فى اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S) .
- ٠,٥٠ جرام فى اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة Cl^-.
- ٠,٣٠ جرام فى اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO_3.
- ١,٠٠ جرام فى اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.
- ٠,١٠ جرام فى اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.
- ٠,٢٠ جرام فى اللتر من المواد العضوية.
- ٢,٠٠ جرام فى اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد العالقة.

٢-٢-٤ الإضافات

الإضافات هى مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات مُحددة، وذلك لتحسين خواص معينة للخرسانة، أو إكسابها خواصاً جديدة، وذلك نتيجة تأثير كيميائى أو فيزيقى. ويجب ألا تؤثر هذه الإضافات بأى قدر ملحوظ على الحجم الكلى للخرسانة باستثناء إضافات الهواء المحبوس أو الإضافات المعدنية.

ويمكن تصنيف الإضافات الأكثر شيوعاً للاستخدام ـ بصفة عامة ـ في أعمال الخرسانة المسلحة على النحو التالى:

- إضافات كيميائية وتشمل الإضافات المعجلة للشك ـ الإضافات المبطئة للشك ـ الإضافات المخفضة للماء والإضافات عالية التخفيض للماء. ويمكن إنتاج بعض هذه الإضافات بما يؤهلها للقيام بأكثر من دور مثل الإضافات المبطئة للشك والمخفضة للماء وعالية التخفيض للماء. ويشير جدول (٢-٣) إلى متطلبات الأدائية للإضافات الكيميائية في الخرسانة.
- إضافات الهواء المحبوس.
- إضافات معدنية وتشمل خبث الأفران العالية – الرماد المتطاير – غبار السيليكا – الأتربة البوزولانية الطبيعية. ومعظم هذه الإضافات لها خاصية بوزولانية ـ أى تتفاعل مع نواتج مركبات تفاعلات الأسمنت مع الماء.
- إضافات أخرى مثل المواد الملونة للخرسانة والمواد الواقية من صدأ الصلب .

ويراعى عند استخدام الإضافات الاشتراطات التالية:

١- يجب أن تفى الإضافات بحدود المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من الأنواع سالفة الذكر، أما الإضافات التى ليس لها مواصفات قياسية مصرية أو أجنبية فتستخدم على أساس المعلومات السابقة والخبرة ونتائج التجارب والاختبارات التأكيدية من مختبرات معتمدة وبما يحقق المتطلبات الواردة بمواصفات المشروع.

٢- يجب أن يقوم المورد بتقديم كافة التفاصيل الفنية اللازمة لاستخدام الإضافة بنجاح وبما يُحقق إنتاج خرسانة متجانسة وبالخواص المطلوبة، وعلى سبيل المثال للتفاصيل: محتوى الإضافة، طريقة إضافتها... إلخ.

٣- يجب ألا تؤثر الإضافات تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو صلب التسليح وبخاصة مدى تحملها مع الزمن .

٤- يجب ألا يزيد محتوى أيون الكلوريدات بالإضافات على ٢ % بالوزن من الإضافات أو ٠,٠٣% بالوزن من المادة الأسمنتية فى حالة الخرسانة المسلحة أو التى بها معادن أو المصنعة من الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات وبحيث لا يزيد المحتوى الكلى على القيم الواردة بالجدول (٢-١٠).

٥- يجب أن تكون الإضافات المستخدمة فى الخرسانة سابقة الإجهاد خالية من الكلوريدات.

٦- يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التى أساسها من الكلوريدات إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو الخرسانة التى بها معادن مدفونة.

٧- يجب أن تفى الإضافة بحدود الصلاحية من مختبرات معتمدة وذلك قبل استخدامها.

جدول (٢-٣) متطلبات المواصفة القياسية المصرية ١٨٩٩ / ١٩٩٠ لإضافات الخرسانة

١- متطلبات الأدائية لخرسانة الإضافات.

الخاصيـــــة	نـــــوع الإضـــــافات				
	النوع (أ) مخفضة لماء الخلط	النوع (ب) مبطئة للشك	النوع (جـ) معجلة للشك	النوع (د) مخفضة للماء ومبطئة للشك	النوع (شـ) مخفضة للماء ومعجلة للشك
أ- الخرسانة الطازجة					
-الحد الأقصى للماء كنسبة من ماء خلطة التحكم	%٩٥	--	--	%٩٥	%٩٥
-الزيادة فى الهواء على خلطة التحكم	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢%	لا يزيد على ٢%	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢ %
-محتوى الهواء الكلى بالخلطة	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %
- أزمنة التصلد عند اختراق ٠,٥ نيوتن /مم٢	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	----	----	ساعة أكثر من خلطة التحكم كحد أدنى	أكثر من ساعة أقل عن خلطة التحكم
- أزمنة التصلد عند اختراق ٣,٥ نيوتن /مم٢	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	----	----	-----	ساعة أقل من زمن خلطة التحكم كحد أدنى
ب- الخرسانة المتصلدة					
-الحد الأدنى لمقاومة الضغط كنسبة مئوية مـــن خلطة التحكم عند الأعمار التالية:					
١ يوم	--	--	١٢٥	--	١٢٥
٣ أيام	١١٠	٩٠	١٢٥	١١٠	١٢٥
٧ أيام	١١٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١١٠
٢٨ أيام	١١٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١١٠
٦ أشهر	١٠٠	٩٠	٩٠	١٠٠	١٠٠

٢- متطلبات التجانس بين العينة التى تم إجراء إختبارات الأداء عليها (أو القيم التى نص عليها المورد) والعينة المأخوذة من الرسالة الموردة.

الخاصية	المتطلبات
- محتوى المادة الصلبة	لا يزيد الفرق على ٥ % بالوزن لكل من الإضافات السائلة والصلبة .
- محتوى الرماد	لا يزيد الفرق على ١ % بالوزن .
- الكثافة النسبية	لا يزيد الفرق على ٠,٠٢ % للإضافات السائلة .
- الرقم الهيدروجينى	يتم المقارنة بين الرقمين .
- محتوى ايون الكلوريد	لا يزيد الفرق على ٥ % أو لا تزيد على ٠,٢% من وزن الإضافة أيهما أكبر.
- الأشعة تحت الحمراء	تكون مطابقة لبيان المنتج .

٨- يتعين على مستخدم الإضافة إجراء خلطات تأكيدية فى الموقع باستخدام الإضافة، وذلك قبل الشروع فى إنتاج الخرسانة للتحقق من استيفاء متطلبات الأدائية للخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة ولتلافى حدوث بعض الظواهر غير المقبولة فيها مثل عدم شك الخرسانة.

٩- يجب التأكد دورياً من مدى ملاءمة وفاعلية أى من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية من الأسمنتات والركام والمواد الأخرى التى تستخدم فى الأعمال الخرسانية مع مقارنة الخلطات بخلطات تحكم بدون إضافات، ومع الأخذ فى الاعتبار الخواص الأخرى للخرسانة عند تقويم الخلطات.

١٠- يُشترط فى الخرسانة المحتوية على إضافات ألا تقل مقاومتها للضغط والشد والتماسك بينها وبين صلب التسليح عن القيم المناظرة لخرسانة التحكم المجهزة بدون إضافات، وذلك بجانب كل ما سبق ذكره. وإذا اقتضت الضرورة السماح بانخفاض المقاومة بهدف تحقيق خواص أخرى مطلوبة فيجب ألا يزيد الانخفاض المسموح به على ١٠ % وبموافقة المهندس المصمم.

١١- يلزم لقبول أية رسالة من الإضافة الموردة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة السابق اعتمادها واختبارها وقبولها، وذلك بإجراء اختبارات التجانس – على الأقل – التى تنص عليها المواصفات القياسية المصرية.

١٢- يجب ألا يزيد محتوى الهواء بالخلطة الخرسانية ذات الإضافات سابقة الذكر على ٢ % من محتوى الهواء فى خلطة التحكم بدون إضافات بحيث لا يزيد محتوى الهواء الكلى لأية حالة من الإضافات على ٣ % وذلك باستثناء الخرسانات الخاصة مثل خرسانة الهواء المحبوس.

١٣- يُفضل استخدام نوع واحد من الإضافات، وإذا اقتضت الضرورة استخدام أكثر من نوع من الإضافات فى نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلهما والتأكد من توافقهما باختبارات تأكيدية فى مختبرات معتمدة وأن يتم ذلك بموافقة المهندس الاستشاري.

١٤- يجب ألا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة ذات الإضافة بأكثر من خمس درجات مئوية مقارنة بخلطات التحكم بدون إضافات، وعلى ألا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة على٣٥ °م .

١٥- يراعى فى حالة استخدام مواد بوزولانية – سواء كانت طبيعية أو كنواتج ثانوية من الصناعة- التأكد من استقرار تركيب هذه المواد.

١٦- يراعى فى جميع البنود السابقة الأخذ فى الاعتبار اختلاف الظروف المناخية وبخاصة درجات الحرارة.

٢-٢-٥ صلب التسليح للخرسانة المسلحة

٢-٢-٥-١ أنواع صلب التسليح

١- تُستخدم فى تسليح الخرسانة أسياخ الصلب التى تفى بالمواصفات القياسية المصرية م.ق.م ٢٦٢ / ١٩٩٩وتعديلاتها، وفى حالة استعمال الشبك الملحوم تطبق المواصفات القياسية المصرية م.ق.م ١٦١٨/١٩٩٠.

٢- أنواع صلب التسليح الغالب استخدامها فى الخرسانة هى:

أ - صلب طرى عادى رتبة ٣٥٠/٢٤٠ أو ٤٥٠/٢٨٠ ويرمز له (ϕ).

ب - صلب عالى المقاومة وينقسم إلى النوعين التاليين:

صلب رتبة ٥٢٠/٣٦٠ يرمز له (ɸ)

صلب رتبة ٦٠٠/٤٠٠ ويرمز له (Φ)

ويكون الصلب عالى المقاومة من الصلب المشكل على البارد أو الساخن، كما يشترط فى الصلب عالى المقاومة الناتج من الصلب الطرى المعالج على البارد ألا يكون أملساً، وأن يكون به نتوءات تكفى لإحداث التماسك اللازم مع الخرسانة.

جـ - صلب شبك من أسياخ الصلب الملحومة الملساء أو ذات النتوءات أو العضات وهو صلب طرى رتبة ٣٥٠/٢٤٠ أو ٤٥٠/٢٨٠ تم سحبه على البارد ليصبح برتبة ٥٢٠/٤٥٠ ويرمز له (#) ويكون الشبك ملحوماً بالكهرباء.

٣- يرجع للمواصفات القياسية المصرية للتحقق من العلامات المميزة على الأسياخ .

٢-٢-٥-٢ الأقطار المستعملة

عند استعمال أسياخ ذات نتوءات مستمرة يحسب القطر الاعتبارى للسيخ من وزن المتر الطولى، وإذا كانت النتوءات متقطعة يؤخذ أصغر قطاع للسيخ ولا يسمح بتفاوت يزيد على ٥% بين الوزن الفعلى والوزن الاعتبارى.

٢-٢-٥-٣ الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم فى الخرسانة المسلحة

١- إجهاد الخضوع: هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع فى أنواع الصلب العادى والصلب عالى المقاومة التى تظهر فيها خاصية الخضوع.

٢- إجهاد الضمان : هو الإجهاد الذى يقابله انفعال متبق مقداره ٠,٢% وذلك لأنواع الصلب عالية المقاومة التى لا تظهر بها خاصية الخضوع.

٣- مقاومة الشد القصوى: هو الإجهاد الناتج عن قسمة أقصى حمل شد على مساحة مقطع للسيخ.

٤- معاير المرونة: هو ميل العلاقة الخطية بين الإجهاد والانفعال فى منطقة المرونة.

٥- النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر : هى النسبة المئوية للاستطالة عند حمل الكسر منسوبة لطول القياس الأصلي.

وتُحدد هذه الخواص طبقاً للمواصفات القياسية المصرية م.ق.م ٢٦٢ / ١٩٩٩ وتعديلاتها.

ويجب أن تكون الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح مؤكدة بشهادة من المنتج بحيث لا تقل عن القيم الواردة فى الجدول (٢-٤) ، كما يجب التحقق منها باختبارات فى مختبر معترف به.

٢-٢-٥-٤ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب

يؤخذ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب من نتائج الاختبارات، ويمكن للمصمم الاسترشاد بالمنحنى الاعتبارى للإجهاد والانفعال الموضح فى الشكل (٤-١).

٢-٢-٥-٥ لحام الأسياخ

يتم لحام أسياخ صلب التسليح طبقاً للمواصفات القياسية التى يحددها استشاري المشروع مع مراعاة ما سيرد بالبند (٤-٢-٥-٤-٣).

٢-٢-٥-٦ المقاومة المميزة للصلب

لا تقل الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح عن القيم الواردة فى الجدول (٢-٤).

جدول (٢-٤) الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب (الحد الأدنى)

نوع الصلب	الرتبة	حالة سطح الأسياخ	إجهاد الخضوع أو ٠,٢% إجهاد الضمان ن/مم٢ (حد أدنى)	مقاومة الشد القصوى ن/مم٢ (حد أدنى)	النسبة المئوية للاستطالة % (حد أدنى) (ل=١٠ق)*	الثنى على البارد	
						قطر السيخ (مم)	قطر الدوران
صلب طرى عادى	٣٥٠/٢٤٠	أملس	٢٤٠	٣٥٠	٢٠	٢٥ ≥ ٢٥ <	٢ ق ٣ ق
	٤٥٠/٢٨٠		٢٨٠	٤٥٠	١٨	٢٥ ≥ ٢٥ <	٢ ق ٣ ق
صلب عالى المقاومة	٥٢٠/٣٦٠	ذونتوءات	٣٦٠	٥٢٠	١٢	٢٠ ≥ ٣٦ ≥ ، ٢٠ <	٤ ق ٥ ق
	٦٠٠/٤٠٠	ذونتوءات	٤٠٠	٦٠٠	١٠	٢٠ ≥ ٢٥ ≥ ، ٢٠ < ٣٦ ≥ ، ٢٥ <	٤ ق ٥ ق ٦ ق
صلب شبك ملحوم مسحوب على البارد**	٥٢٠/٤٥٠	أملس أو ذونتوءات أو ذوعضات	٤٥٠	٥٢٠	٨	–	–

* ل = طول القياس (مم) ، ق = قطر عينة الاختبار (مم) .

** لا يسمح باستخدام شبك بأقطار أقل من ٥ مم انشائيا .

٢-٢-٦ صلب التسليح للخرسانة سابقة الإجهاد

يوضح البند (١٠-٢-٢) أنواع وخواص صلب سبق الإجهاد المستخدم فى الخرسانة سابقة الإجهاد .

٢-٣ خواص الخرسانة

٢-٣-١ خواص الخرسانة الطازجة

٢-٣-١-١ كتلة وحدة الحجم للخرسانة

عند عدم وجود بيانات أكثر دقة يمكن اعتبار كتلة وحدة الحجم للخرسانة كما يلى:

- ٢٢ كيلونيوتن / م٣ للخرسانة العادية إذا كان ركامها جيريا .

- ٢٤ كيلونيوتن / م^{٣} للخرسانة العادية إذا كان ركامها سيليسياً .
- ٢٥ كيلونيوتن / م^{٣} للخرسانة المسلحة فى الأحوال العادية ، ويمكن زيادتها إذا كانت نسبة التسليح عاليه، مع أخذ نوع الركام الكبير فى الاعتبار . .

٢-٣-١-٢ قوام الخرسانة

تتأثر درجة تجانس الخرسانة ودرجة خلوها من الفراغات والتعشيش تأثراً كبيراً بدرجة دمكها، والذى يعتمد أساساً على قوامها ودرجة تشغيليتها فى حالتها الطازجة. ويعتبر اختبار الهبوط القياسى الأكثر شيوعاً واستخداماً فى مواقع الإنشاء لتحديد قوام الخرسانة.

ويمكن الاسترشاد بالقيم المبينة فى الجدول (٢-٥) لتحديد الهبوط المناسب للعناصر الإنشائية. وفى حالة استخدام اختبار آخر فإنه يلزم الرجوع إلى مواصفات المشروع.

جدول (٢-٥) القيم الاسترشادية لحدود الهبوط (Slump)

نوع العنصر الإنشائي	الهبوط مم	أسلوب الدمك
خرسانة كتلية.	صفر – ٢٥	دمك ميكانيكى
القواعد الخرسانية خفيفة التسليح ومتوسطة التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	٢٥ – ٥٠	دمك ميكانيكى
قطاعات خرسانية متوسطة وعالية التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	٥٠ – ١٠٠	دمك ميكانيكى دمك يدوى
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح.	١٠٠ – ١٢٥	دمك خفيف
أساسات عميقة وخرسانة قابلة للضخ.	١٢٥-٢٠٠ **	دمك خفيف

* يقل الهبوط تدريجيا مع مرور الوقت بعد مرحلة الخلط، وفى مقدمة العوامل المؤثرة على فقد الهبوط: الفترة الزمنية بين إتمام الخلط وإجراء الاختبار ودرجة الحرارة، ومن ثم فإن حدود الهبوط الموضحة هى للخرسانة قبل صبها مباشرة.

** يتم تحقيق هذا الهبوط باستخدام إضافات كيميائية.

٢-٣-١-٣ درجة حرارة الخرسانة الطازجة

يجب أخذ الاحتياطات اللازمة بحيث لا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة عند صبها على ٣٥^{o}م.

٢-٣-٢ الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلدة

٢-٣-٢-١ مقاومة الضغط للخرسانة

العينة القياسية لتحديد مقاومة ضغط الخرسانة والتى تتخذ أساساً للتصميم فى هذا الكود هى المكعب القياسى ١٥٠ × ١٥٠ × ١٥٠ مم، وفى حالة استخدام الأسطوانة القياسية ١٥٠ × ٣٠٠ مم، أو استخدام عينات بأشكال وأبعاد أخرى فإنه يمكن استخدام معاملات التصحيح الاسترشادية الواردة فى الجدول (٢-٦) وذلك للحصول على مقاومة ضغط المكعب القياسى المكافئة.

جدول (٢-٦) قيم استرشادية لمعامل تصحيح
مقاومة الضغط* للأشكال المختلفة لقوالب اختبار الخرسانة

شكل القالب	أبعاد قالب الاختبار مم	معامل التصحيح
مكعب	١٠٠ × ١٠٠ × ١٠٠	٠,٩٧
مكعب	(١٥٨×١٥٨×١٥٨) أو (١٥٠×١٥٠×١٥٠)	١,٠٠
مكعب	٢٠٠ × ٢٠٠ × ٢٠٠	١,٠٥
مكعب	٣٠٠ × ٣٠٠ × ٣٠٠	١,١٢
أسطوانة	١٠٠ × ٢٠٠	١,٢٠
أسطوانة	١٥٠ × ٣٠٠	١,٢٥
أسطوانة	٢٥٠ × ٥٠٠	١,٣٠
منشور	(١٥٠ × ١٥٠ × ٣٠٠) أو (١٥٨ × ١٥٨× ٣١٦)	١,٢٥
منشور	(١٥٠ × ١٥٠ × ٤٥٠) أو (١٥٨ × ١٥٨ × ٤٧٤)	١,٣٠
منشور	١٥٠ × ١٥٠ × ٦٠٠	١,٣٢

* القيم بالجدول للخرسانة ذات مقاومة ضغط حتى ٤٥ ن/ مم٢ .

وفى حالة اختبار مقاومة الضغط للخرسانة بأسمنت بورتلاندى عادى أو بأسمنت بورتلاندى سريع التصلد (بدون أية إضافات) عند عمر غير ٢٨ يوماً، فإنه يمكن الاسترشاد عن المقاومة عند عمر ٢٨ يوماً بضرب نتائج الاختبار فى معامل التصحيح المناظر لعمر الاختبار على النحو الوارد فى الجدول (٢-٧).

جدول (٢-٧) قيم استرشادية لمعامل التصحيح لنتائج اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة (بدون أية إضافات) ذات أعمار تختلف عن ٢٨ يوماً

نوع الأسمنت / عمر الخرسانة - يوم	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٠
أسمنت بورتلاندى عادى	٢,٥٠	١,٣٣	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٥
أسمنت بورتلاندى سريع التصلد	١,٨٠	١,٢٠	١,٠٠	٠,٩٠	٠,٨٥

٢-٣-٢-٢ مقاومة الشد للخرسانة

تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لإحدى القيمتين التاليتين المحددتين معمليا:

- ٠,٨٥ من مقاومة الشد بالانفلاق.
- ٠,٦٠ من مقاومة الشد بالانحناء.

وفى حالة اختبار مقاومة الشد للخرسانة بأسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت بورتلاندى سريع التصلد (بدون أية إضافات) عند عمر غير ٢٨ يوما، فإنه يمكن الاسترشاد عن المقاومة عند عمر ٢٨ يوما بضرب نتائج الاختبار فى معامل التصحيح المناظر لعمر الاختبار على النحو الوارد فى الجدول (٢-٨).

جدول (٢-٨) قيم استرشادية لمعامل تصحيح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للشد (بدون أية إضافات) ذات أعمار تختلف عن ٢٨ يوماً

نوع الأسمنت / عمر الخرسانة - يوم	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٠
أسمنت بورتلاندى عادى	٢,٠٠	١,٤٠	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٩٥
أسمنت بورتلاندى سريع التصلد	١,٥٠	١,٢٠	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٩٥

٢-٣-٢-٣ مقاومة التماسك مع صلب التسليح

تزداد مقاومة التماسك بين أسياخ صلب التسليح والخرسانة بوجود نتوءات على الأسياخ، وبجودة وكثافة الخرسانة أو زيادة محتوى الأسمنت مع انخفاض محتوى الماء، وخشونة الأسياخ ونظافة الأسياخ وخلوها من أية دهانات أو طلاءات أو زيوت أو بيتومين أو أية مادة تؤثر على التماسك بين الخرسانة والأسياخ. ويمكن للمهندس الاسترشاد بقيم مقاومة التماسك الواردة بالبند

(٤-٢-٥). وفى حالة استخدام دهان مانع لصدأ الصلب لا يسمح بأن تقل مقاومة التماسك بين الأسياخ المدهونة والخرسانة عن ٩٠ % من مقاومة التماسك لنفس الأسياخ غير المدهونة المستخدمة فى نفس الخرسانة بشرط استيفاء متطلبات التصميم، وبشرط استيفاء مادة الدهان لشروط المواصفات القياسية الخاصة بها وأسس استخدامها وتطبيقها.

٢-٣-٣ خواص التشكل والتغير البعدي للخرسانة

٢-٣-٣-١ معاير المرونة

يؤخذ معاير المرونة من العلاقة التالية:

$$E_c = 4400\ \sqrt{f_{cu}} \qquad N / mm^2 \qquad (2\text{-}1)$$

حيث:

E_c = معاير المرونة ن/مم٢

f_{cu} = مقاومة الخرسانة المميزة فى الضغط ن/مم٢ (الوارد تعريفها فى البند ٢-٥-٢)

٢-٣-٣-٢ نسبة التشكل العرضى للخرسانة (نسبة بواسون)

هو النسبة بين الانفعال العرضى والانفعال الطولى لعينة الاختبار القياسية وفى حالة التشكلات المرنة يمكن أخذ النسبة كما يلى:

$$\upsilon = 0.20 \qquad (2\text{-}2)$$

٢-٣-٣-٣ معامل التمدد الحرارى

معامل التمدد الحرارى للخرسانة العادية = ١٠^-٥ لكل درجة مئوية (٠,٠١ مم فى المتر الطولى لكل درجة حرارة مئوية).

٢-٣-٣-٤ التغير البعدى بفعل الانكماش

٢-٣-٣-٤-١ الانكماش الذاتى

هو الانكماش الذى يحدث نتيجة الحركة الداخلية لماء الخلط حيث تبدأ الخرسانة فى الجفاف نتيجة استهلاك جزء من ماء الخلط فى عملية إماهة الأسمنت. ويحدث هذا الانكماش خاصة فى الخرسانات ذات نسبة الماء الى الأسمنت منخفضة القيمة.

٢-٣-٣-٤-٢ الانكماش اللدن

هو الانكماش الحادث فى الخرسانة خلال عمرها المبكر قبل تصلدها، وقد ينتج عنه شروخ تؤثر على تحمل الخرسانة مع الزمن . ويزداد تأثير الانكماش اللدن في الأجواء الحارة. لذلك يجب الاهتمام بالمعالجة المبكرة وتغطية الخرسانة بعد صبها مباشرة وخاصة فى الأجواء الحارة.

٢-٣-٣-٤-٣ انكماش الجفاف

هو الانكماش الحادث من جفاف الخرسانة نتيجة خروج ماء الخلط بعد تصلد الخرسانة. ويتوقف انكماش الجفاف للخرسانة على عدة عوامل منها الرطوبة النسبية للجو المحيط والزمن وكذلك على حجم العضو الخرسانى ومساحته السطحية واللذان يمكن التعبير عنهما بما يسمى بالبعد الاعتبارى للقطاع B ويقدر هذا البعد الاعتبارى على النحو التالى:

$$B = \frac{2A_c}{P_c} \qquad (2\text{-}3)$$

حيث:

B = البعد الاعتبارى للقطاع – مم

A_c = مساحة المقطع الخرسانى – مم٢

P_c = محيط المقطع الخرسانى المعرض للجفاف – مم

كما يعتمد انكماش الجفاف على درجة حرارة الجو المحيط ونسبة الماء الى الأسمنت وخواص الركام ومحتوى الأسمنت والمحتوى النسبى بين الركام ومونة الأسمنت. ويمكن استخدام القيم الاسترشادية لانفعال الانكماش الواردة بجدول (٢-٩-أ).

٢-٣-٣-٥ الزحف

هو الانفعال غير المرن الذى يحدث تحت تأثير كل أو بعض أحمال التشغيل والذى يعتمد على الزمن ويتوقف على عدة عوامل منها نسبة إجهاد التحميل إلى مقاومة الخرسانة، ونسبة الماء إلى الأسمنت وعمر الخرسانة الذى يبدأ عنده تحميل الخرسانة وخواص المقطع الخرسانى وقيمة الرطوبة النسبية للجو المحيط بالمنشأ. وتؤخذ القيمة الكلية للانفعال الناتج عن أقصى زحف والانفعال اللحظى المرن من المعادلة الآتية:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_o (1 + \phi) \qquad (2\text{-}4\text{-}a)$$

$$\varepsilon_t = \frac{f_o}{E_c} (1 + \phi) \qquad (2\text{-}4\text{-}b)$$

حيث:

ε_t = الانفعال الكلى عند زمن t

ε_o = الانفعال الناتج عن التحميل الأولى ويساوى $\frac{f_o}{E_c}$

$\phi \, \varepsilon_o$ = انفعال الزحف

ϕ = معامل الزحف

f_o = اجهاد الخرسانة الابتدائى عند التحميل

E_c = معاير مرونة الخرسانة عند عمر التحميل

وتؤخذ قيم معامل الزحف ϕ الاسترشادية من الجدول (٢-٩-ب) بدلالة النسبة المئوية للرطوبة النسبية للجو والبعد الاعتباري للقطاع الخرسانىB (بند ٢-٣-٣-٤-٣) والعمر عند بدء التحميل.

جدول (٢-٩-أ) قيم استرشادية لانفعال انكماش الجفاف (١٠×$^{-3}$)

حالة الجو	جو جاف * (رطوبة نسبية حوالى ٥٥%)			جو رطب * (رطوبة نسبية حوالى ٧٥%)		
العمر المعتبر عنده الانكماش	البعد الاعتباري للقطاع B مم			البعد الاعتباري للقطاع B مم		
	٦٠٠≤B	< ٦٠٠ ٢٠٠<B	٢٠٠≥B	٦٠٠≤B	< ٦٠٠ ٢٠٠<B	٢٠٠≥B
٣ – ٧ أيام	٠,٣١	٠,٣٨	٠,٤٣	٠,٢١	٠.٢٣	٠,٢٦
٧ – ٦٠ يوم	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٣
أكثر من ٦٠ يوم	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,١٩	٠,٢٠	٠,١٩	٠,١٦

* فى حالة اختلاف الرطوبة النسبية عن القيم المعطاه يمكن استنتاج قيم انفعال الإنكماش بالنسبة والتناسب ولا يفضل استخدام هذا الجدول إلا فى حدود رطوبة نسبية بين ٤٠ و ٨٥ % .

جدول (٢-٩-ب) قيم استرشادية لمعامل الزحف ϕ

حالة الجو	جو جاف * (رطوبة نسبية حوالى ٥٥%)			جو رطب * (رطوبة نسبية حوالى ٧٥%)		
العمر المعتبر عنده التحميل	البعد الاعتباري للقطاع B مم			البعد الاعتباري للقطاع B مم		
	٦٠٠≤B	< ٦٠٠ ٢٠٠<B	٢٠٠≥B	٦٠٠≤B	< ٦٠٠ ٢٠٠<B	٢٠٠≥B
٣ – ٧ أيام	٢,٩٠	٣,٢٠	٣,٨٠	٢,١٠	٢,٤٠	٢,٧٠
٧ – ٦٠ يوم	٢,٥٠	٢,٨٠	٣,٠٠	١,٩٠	٢,٠٠	٢,٢٠
أكثر من ٦٠ يوم	٢,٠٠	١,٩٠	١,٧٠	١,٧٠	١,٦٠	١,٤٠

* فى حالة اختلاف الرطوبة النسبية عن القيم المعطاة يمكن استنتاج قيم معامل الزحف بالنسبة والتناسب ولا يُفضل استخدام هذا الجدول إلا فى حدود رطوبة نسبية بين ٤٠ و ٨٥ % .

٢-٣-٤ تحمل الخرسانة مع الزمن

٢-٣-٤-١ عام

تتأثر المنشآت الخرسانية ببعض المواد الكيميائية مثل الزيوت والدهون والمحاليل السكرية وبعض المواد العضوية والأحماض ومحاليل الكبريتات والكلوريدات ومياه البحر والمياه الجوفية المحتوية على تلك المحاليل والغازات والأبخرة بالمناطق الساحلية والصناعية . ونتيجة تعرض الخرسانة لهذه المواد تتغير خواصها تدريجياً. وكذلك تتأثر المنشآت الخرسانية سلبياً بالتفاعل القلوى للركام، كما تتعرض الخرسانة للتلف بفعل بعض العوامل الميكانيكية مثل البرى والنحر.

ويمثل تحمل الخرسانة مع الزمن فى بعض المنشآت أو أجزاء منها هدفاً تتقدم أولويته الخواص الميكانيكية للخرسانة. ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار فى هذه المنشآت مجموعة من العوامل والمحددات فى مقدمتها ما يلى:

- مكونات الخلطة الخرسانية.
- نوع الأسمنت ومحتواه.
- نوع الركام.
- المواد الضارة و / أو المهاجمة فى الظروف المحيطة.



- شكل وحجم العنصر الخرساني.
- نفاذية الخرسانة للماء والسوائل.
- نفاذية الخرسانة للغازات.
- المواد الضارة فى مكونات الخرسانة.
- مصنعية الخرسانة منذ بدء عملية الخلط وحتى البدء فى تشغيل المشروع (من العوامل التى تساعد على تحسين تحمل الخرسانة مع الزمن زيادة العناية بصناعة الخرسانة فى مراحل الصب والدمك والمعالجة بما يحقق خرسانة كثيفة متجانسة منخفضة النفاذية وخالية من العيوب).
- الظروف المحيطة ودرجة التعرض للعوامل المهاجمة أثناء تشغيل المشروع.

ويمكن تأمين تحمل الخرسانة مع الزمن بمراعاة البنود التالية:

٢-٣-٤-٢ الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط

يُشترط فى ماء الخلط للخرسانة ألا يزيد محتوى الأملاح والمواد الضارة على القيم الواردة في بند (٢-٢-٣).

٢-٣-٤-٣ الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة

للوقاية من صدأ صلب التسليح يجب ألا يزيد المحتوى الكلى لأيونات الكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء بالخرسانة المتصلدة عند عمر ٢٨ يوماً (الناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات) على الحدود الواردة فى الجدول (٢-١٠).

جدول (٢-١٠) المحتوى الأقصى لأيونات الكلوريدات المذابة المسموح به للوقاية من صدأ صلب التسليح

الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات المذابة بالخرسانة - كنسبة مئوية من وزن الأسمنت		الظروف حول الخرسانة
الخرسانة المسلحة	٠,١٥	الخرسانة المسلحة المعرضة للكلوريدات
	٠,٣٠	الخرسانة المسلحة غير المعرضة للكلوريدات
الخرسانة سابقة الإجهاد	٠,٠٦	جميع الظروف

٢-٣-٤-٤ الحد الأقصى لمحتوى الكبريتات فى الخرسانة

يجب ألا يزيد المحتوى الكلى للكبريتات الكلية فى الخرسانة - مقدرة على هيئة (SO_3) - على ٤ % من وزن الأسمنت.

٢-٣-٤-٥ الخرسانة فى الظروف الحمضية

فى حالة تعرض الخرسانة لظروف حمضية ذات أس هيدروجينى (pH) أقل من ٧ يجب الاهتمام بمكونات وصناعة الخرسانة، ويشمل ذلك زيادة محتوى الأسمنت وخفض نسبة الماء إلى الأسمنت، وتقليل محتوى الرمل، والدمك الكامل، وزيادة سمك (تخانة) الغطاء الخرسانى واستخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض، وذلك فى حالتى استخدام أسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات. وفى حالة ما إذا كانت الظروف المحيطة بالخرسانة ذات أس هيدروجينى (pH) يساوى ٥,٥٠ فأقل فإن استخدام أسمنت عالى الخبث قد يُحسن من المقاومة ويلزم - فى هذه الحالة - استخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض.

٢-٣-٤-٦ الخرسانة فى الظروف الكبريتية

عندما تكون الخرسانة معرضة لأملاح الكبريتات فى التربة أو المياه الجوفية (كبريتات الماغنسيوم أو الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم)، فإنه يجب العناية بنوع الأسمنت ومحتواه ونوع الركام والمقاس الاعتباري الأكبر للركام ونسبة الماء إلى الأسمنت والحد الأدنى للمقاومة المميزة ، ويمكن استخدام القيم الواردة فى الجدول (٢-١١) لتحديد هذه البنود.

ويلاحظ بالنسبة للجدول (٢-١١) ما يلى:

- تُطبق الحدود الواردة بالجدول على الخرسانة ذات الركام الطبيعى ، كما تطبق على الخرسانة المعرضة لمياه أرضية بأس هيدروجينى من ٦ إلى ٩ .
- فى الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة والمعرضة لضغط مائى من جانب واحد أو مغمورة جزئياً فإنه يلزم تقليل نسبة الماء للأسمنت و / أو زيادة محتوى الأسمنت على الحدود الواردة بالجدول لتحقيق الحد الأدنى لنفاذية الخرسانة.

٢-٣-٤-٧ المنشآت الخرسانية المعرضة للمهاجمة المزدوجة بالكبريتات والكلوريدات

تتعرض الخرسانة المسلحة - أحياناً - لظروف مهاجمة بتركيزات عالية من الكبريتات والكلوريدات مثل ماء البحر أو الماء الجوفى أو تربة السبخة أو غيرها . وفى مثل هذه الظروف

تتأثر خاصية تحمل الخرسانة مع الزمن سلبياً بهذه الظروف بالإضافة لصدأ صلب التسليح. وقد يكون هذا التعرض بالغمر الكامل أو التعرض لدورات من البلل والجفاف.

جدول (٢-١١) متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية*

تركيز الكبريتات فى صورة ثالث أكسيد الكبريت			نوع الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت كجم/ م^3				الحد الأقصى لنسبة الماء :الأسمنت **	الحد الأدنى للمقاومة المميزة ن/مم^2
فى التربة		فى الماء الأرضى		المقاس الاعتبارى الأكبر للركام – مم ***					
SO_3 الكلى %	SO_3 في مزيج من الماء والتربة بنسبة ٢ : ١ جم/لتر	جزء فى المليون		٤٠	٣٠	٢٠	١٠		
< ٠,٢٠	< ١,٠٠	< ٣٠٠	بورتلاندى عادى	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٥٢	–
٠,٢٠ إلى ٠,٣٥	١,٠٠ إلى ١,٥٠	٣٠٠ إلى ٧٠٠	بورتلاندى عادى	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٤٨	٢٥
			مقاوم للكبريتات	٣٠٠	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٠,٥٣	٢٥
٠,٣٥ إلى ٠,٥٠	١,٥٠ إلى ١,٩٠	٧٠٠ إلى ١٢٠٠	مقاوم للكبريتات	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٥٠	٣٠
٠,٥٠ إلى ١,٠٠	١,٩٠ إلى ٣,١٠	١٢٠٠ إلى ٢٥٠٠	مقاوم للكبريتات	٤٠٠	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٥	٣٥
١,٠٠ إلى ٢,٠٠	٣,١٠ إلى ٥,٦٠	٢٥٠٠ إلى ٥٠٠٠	مقاوم للكبريتات مع تغطيات واقية مناسبة	٤٠٠	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٣	٤٠

* يرجع للبند (٢-٣-٤-٧) في حالة وجود تأثير مزدوج من الكلوريدات والكبريتات.

** فى حالة الركام الجاف .

*** فى حالة ما يكون المقاس الاعتبارى الأكبر بين قيمتين مذكورتين فى الجدول يؤخذ محتوى الأسمنت المناظر للمقاس الاعتبارى الأقل .

ويجب في مثل هذه الظروف اتخاذ الإجراءات الوقائية التالية:

- التحقق من أن يكون الركام المستخدم خاملاً ولا يتفاعل مع قلويات الأسمنت.
- استخدام أسمنت تتراوح نسبة الومنيات ثلاثى الكالسيوم به بين ٦ % و ١٠ % ، ويمكن استخدام الأسمنت البورتلاندى العادى الذى يفى بهذه النسب ، ويفضل استخدام الأسمنت عالى الخبث ٨٥ % .
- لا تزيد نسبة الكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء بالخرسانة على ٠,١ % من وزن الأسمنت.
- فى حالة تعرض المنشآت البحرية لعمليات الصقيع والإذابة تستخدم إضافات الهواء المحبوس فى الخلطة الخرسانية.
- يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى عن ٥٠ مم للخرسانة المغمورة والخرسانة المعرضة للهواء الجوى ، ولا يقل سمك هذا الغطاء عن ٧٠ مم للخرسانة المعرضة للبلل والجفاف.
- استخدام خرسانة كثيفة ويرجع للجدول (٢-١٢) لتحديد محتوى الأسمنت ونسبة الماء إلى الأسمنت القصوى فى الخلطة الخرسانية ومقاومتها المميزة مع تحقيق الدمك الأمثل.

٢-٣-٤-٨ الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت والحد الأدنى لمحتوى الأسمنت

يمكن استخدام الجدول (٢-١٢) لتحديد الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت والحد الأدنى لمحتوى الأسمنت فى الخلطات المستخدم فيها الأسمنت البورتلاندى حسب الظروف المعرضة لها الخرسانة.

٢-٣-٤-٩ الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت

يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت فى خلطة الخرسانة – بصفة عامة – على ٤٥٠ كجم /م^3. وفى حالة زيادة محتوى الأسمنت على ٤٥٠ كجم / م^3 يلزم أخذ اعتبارات خاصة فى التصميم لتفادى التشريخ الناتج عن انكماش الجفاف أو عن الإجهادات الحرارية.

جدول (٢-١٢) قيم الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت والحد الأدنى للمقاومة المميزة والحد الأقصى لنسبة الماء إلى الأسمنت فى الخلطات الخرسانية لتأمين تحملها مع الزمن

الظروف التى يتعرض لها المبنى بعد الإنشاء	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت* كجم/م٣ . المقاس الاعتبارى الأكبر*** للركام -مم				الحد الأقصى** لنسبة الماء: الأسمنت	الحد الأدنى للمقاومة المميزة للخرسانة ن /مم٢
	٤٠	٣٠	٢٠	١٠		
عادية: الخرسانة محمية تماماً من الظروف الجوية والظروف المحيطة الضارة.	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٠,٥٠	٢٥
متوسطة:الخرسانة المعرضة لظروف محيطه ضارة ولكنها مدفونة دائماً تحت الماء.	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٠,٤٥	٣٠
قاسية: الخرسانة معرضة لظروف محيطة ضارة أو لماء البحر أو لدورات من البلل و الجفاف أو للغازات الخ..	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠	٠.٤٠	٤٠

* الحدود الواردة بالجدول لخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد ويمكن تخفيض أى محتوى أسمنت بمقدار ٥٠ كجم/ م٣ للخلطات الخرسانية العادية (غير المسلحة).

** يمكن استخدام الإضافات المخفضة للماء أو عالية التخفيض للماء وذلك لتقليل الحد الأقصى لنسبة الماء/الأسمنت للحصول على القوام المطلوب.

*** إذا كان المقاس الاعتباري الأكبر يقع بين قيمتين مذكورتين فى الجدول يؤخذ محتوى الأسمنت المناظر للمقاس الاعتباري الأقل.

٢-٣-٤-١٠ التفاعل القلوى للركام

٢-٣-٤-١٠-١ التفاعل القلوى السيليسى Alkali – Silica Reaction

تحتوى بعض أنواع الركام على أنواع مختلفة من السيليكا النشطة مثل الأوبال والكرستوباليت التى قد تتفاعل كيميائياً مع القلويات الموجودة أصلاً فى الأسمنت وغيره مثل أكسيد الصوديوم (Na_2O) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O) . وقد ينتج عن هذه التفاعلات مواد

جيلاتينية تنتفش عند امتصاصها للماء مما يؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية فى الخرسانة قد تسبب تشققها أو تفتتها.

وللحد من خطر التفاعل القلوى السيليسى فى الخرسانة يمكن اتباع ما يلى:

- استعمال أسمنت بورتلاندى يحتوى على نسبة منخفضة من القلويات لا تتجاوز ٠,٦ % محسوبة على هيئة أكسيد صوديوم (Na_2O) .
- تحديد محتوى القلويات المكافئ لأكسيد الصوديوم (Na_2O) فى الخلطة الخرسانية بما لا يزيد على ٣,٠ كجم / م^3.
- إحلال جزء من الأسمنت فى الخلطة الخرسانية بمواد بوزولانية وذلك بعد الرجوع إلى مصادر متخصصة لتحديد كمية البوزولانا والتأكد من فعاليتها فى التقليل من خطر حدوث التفاعل القلوى بإجراء الفحوص المعملية.
- أخذ الاحتياطات اللازمة لتقليل نفاذ الماء إلى الخرسانة كاستخدام أغشية أو دهانات غير منفذة للماء.

٢-٣-٤-١٠-٢ التفاعل القلوى الكربوناتى — Alkali – Carbonate Reaction

قد تتفاعل بعض أنواع الركام من الحجر الجيرى الدولوميتى (Dolomitic limestone) مع القلويات فى الأسمنت منتجة مركبات تؤدى – مع مرور الوقت – إلى حدوث تمدد يؤدى بدوره إلى ظهور شروخ بالخرسانة تؤثر على تحملها مع الزمن. ويجب عند اكتشاف هذه الظاهرة فى الركام استبعاده من الاستخدام أو استخدامه مع أسمنت لا تزيد نسبة القلويات فيه على ٠,٤ % . ونظراً لأن هذه الظاهرة تتأثر بعدة عوامل فى الركام (التركيب المعدنى ، نسيج الركام، نسبة الكالسيت إلى الدولوميت، معادن الطين ... الخ) ، فإنه يجب الرجوع إلى جهات متخصصة لتعيين حدود تأثير هذه العوامل عند استخدام ركام من الأحجار الجيرية الدولوميتية فى الخرسانة. .

٢-٣-٤-١١ التجمد والذوبان

يمكن تحسين خاصية تحمل الخرسانة مع الزمن للعناصر الخرسانية التى قد تتعرض لظاهرة التجمد والذوبان باستعمال إضافات الهواء المحبوس. ويتحدد المعدل المطلوب من هذا الهواء المحبوس والتعديلات اللازمة في نسب مكونات الخلطات الخرسانية بمعرفة المهندس الاستشارى، وبالاسترشاد بالبيانات الخاصة بهذه الإضافات وعلى ضوء نتائج التجارب المختبرية.

وفيما يلى قيم استرشادية لمتوسط محتوى الهواء المحبوس بالحجم للخلطة الخرسانية الطازجة وقت صب الخرسانة:

٧ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ١٠ مم.
٦ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ١٥ مم.
٥ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ٢٠ مم.
٤ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ٤٠ مم.

٢-٣-٤-١٢ حماية صلب التسليح

تتم حماية صلب التسليح من الصدأ بتوفير محيط قلوى للغطاء الخرسانى ويكون بسمك مناسب، بالإضافة للعناية الفائقة بكل ما ذكر فى بند (٢-٣-٤) وبخاصة استيفاء الحدود الدنيا لمحتوى الأسمنت والحدود القصوى لنسبة الماء إلى الأسمنت. ويعتمد سمك الغطاء على طبيعة ظروف تعرض سطح الشد للخرسانة للعوامل البيئية على النحو الوارد فى الجدولين (٤-١٣) و(١٠-٧).

٢-٤ مقاومة الخرسانة للحريق

مقاومة الحريق لعنصر خرسانى هى الفترة الزمنية التى يقاوم فيها العنصر الإنشائى الحريق – طبقاً لاختبارات قياسية – قبل حدوث التفكك و/أو الانهيار. وعند التصميم لمقاومة الخرسانة للحريق يلزم أن يكون "الكود المصرى للتصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحريق" أساسا للتصميم.

وفى نطاق الكود الحالى للمنشآت الخرسانية تجدر الإشارة إلى محددات رئيسية يجب أخذها فى الحسبان – كاعتبارات خاصة لزيادة مقاومة الحريق، ومن أهم هذه المحددات ما يلى:

- نوع وأبعاد العنصر الإنشائى.
- غطاء وحماية أسياخ التسليح.
- نوع الخرسانة وطبيعة الركام.
- نوع التسليح وطبيعة الصلب وترتيب الأسياخ داخل العنصر الإنشائى.
- أسلوب الإنشاء وطبيعة المنشأ.

ويلزم الربط بين هذه المحددات تصميمياً لتحقيق مقاومة الخرسانة للحريق فى كل جزء من أجزاء المنشأ الخرسانى لكى يتلاءم مع طبيعة استعماله. ويمكن الاسترشاد فى هذا الشأن بالبيانات الواردة فى الجدول (٢-١٣) لتحقيق مقاومة الخرسانة للحريق لفترة تتراوح بين نصف

ساعة وأربع ساعات، كما يجب أن يراعى عدم استخدام صلب تسليح تتأثر خواصه بحرارة الحريق كالصلب المعالج على البارد عند زيادة احتمال تعرض جزء من المنشأ للحريق.

جدول (٢-١٣) القيم الدنيا للأبعاد بالملليمتر لمقاومة الخرسانة للحريق

مدة الحريق (ساعة)			٠,٥	١,٠	١,٥	٢,٠	٣,٠	٤,٠
الحد الأدنى للأبعاد الخرسانية (مم)	البعد الأصغر للعمود		٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠	٤٥٠
	عرض الكمرة بسيطة الارتكاز		١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠	٢٨٠
	عرض الكمرة المستمرة		١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠
	سمك البلاطة (بسيطة أو مستمرة)		٨٠	١٠٠	١١٠	١٣٠	١٥٠	١٧٠
	سمك الحائط الخرساني	$\mu <$ ٠,٤ %*	١٥٠	١٥٠	١٨٠	---	---	---
		٠,٤%$< \mu <$ ١%	١٢٠	١٢٠	١٤٠	١٦٠	٢٠٠	٢٤٠
		$\mu >$ ١%	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠
سمك الغطاء الخرساني خارج الكانات (مم)	غطاء تسليح العمود		٢٠**	٢٠	٢٠	٢٥	٢٥	٢٥
	غطاء تسليح الكمرة البسيطة		٢٠**	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٠
	غطاء تسليح الكمرة المستمرة		٢٠**	٢٠**	٢٥	٤٠	٥٠	٦٠
	غطاء تسليح البلاطة البسيطة		١٥	٢٠	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥
	غطاء تسليح البلاطة المستمرة		١٥	٢٠	٢٠	٢٥	٣٥	٤٥
	غطاء تسليح الحائط	٠,٤% $< \mu <$ ١%	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
		$\mu >$ ١%	١٥	١٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥

* μ هى النسبة المئوية للتسليح الطولى فى الحائط.

** يمكن تقليل سمك الغطاء الخرسانى إلى ١٥ مم إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير المستخدم لا يتجاوز ١٥ مم.

ويجب مراعاة ما يلى:

أ - يراعى ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى الأدنى لمقاومة الحريق عما ورد فى البند (٤-٣-٢-٣-ب) ولا عن قطر أكبر سيخ تسليح مستخدم.

ب - إذا زاد سمك الغطاء الخرسانى خارج الكانات على ٤٠ مم فقد ينفصل الغطاء الخرسانى، وعندئذ يلزم أخذ احتياطات لمنع حدوث الانفصال مثل الحماية بطبقة من البياض مع تقليل سمك الغطاء أو استخدام شبكة من التسليح الإضافي على بعد ٢٠ مم من وجه الخرسانة.

جـ - عند حماية الخرسانة بطبقة من البياض يمكن أخذ سمك طبقة البياض كغطاء خرسانى إضافي مكافئ وذلك على النحو التالى:

١ – فى حالة البياض من المونة الأسمنتية أو الجبس يؤخذ سمك طبقة البياض المكافئ مساوياً ٠,٦ سمك طبقة البياض الفعلى.

٢– فى حالة البياض بعازل خفيف الوزن كالفرميكوليت يؤخذ كامل سمك طبقة البياض، على ألا يزيد السمك المعتبر من طبقة البياض على ٢٥ مم.

٢–٥ تحديد مكونات الخرسانة

٢–٥–١ عام

يجب أن تتضمن متطلبات الخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة ما يؤمن تحقيق كل من المقاومة والتحمل مع الزمن للعناصر الخرسانية للمبنى.

٢–٥–٢ المقاومة المميزة للخرسانة Characteristic Strength

تعرف مقاومة الضغط المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة – fcu) ، بأنها قيمة إجهاد كسر المكعب الخرسانى القياسى ١٥٠×١٥٠×١٥٠مم عند ٢٨ يوما والذى لا يحتمل أن يقل عنه أكثر من ٥ % من عدد نتائج اختبارات تحديد المقاومة أثناء التنفيذ. وهى التى يجرى على أساسها المهندس الإنشائى حساباته. ويجب ألا تقل الرتبة للخرسانة العادية عن ١٥ ن/مم^{٢} وألا تقل الرتبة للعناصر الخرسانية المسلحة عن ١٨ ن/مم^{٢}، وللعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد عن ٣٠ ن/مم^{٢}. ويوضح الجدول (٢–١٤) رتب الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد.

جدول (٢–١٤) رتب الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

رتبة الخرسانة المسلحة (ن/مم^{٢})	١٨	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥			
رتبة الخرسانة سابقة الإجهاد (ن/مم^{٢})				٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠

٢–٥–٣ هامش أمان تصميم الخلطة

يحسب هامش أمان تصميم الخلطة الخرسانية من العلاقة الآتية:

$$M = K \cdot s \quad (2\text{-}5)$$

حيث:

M = هامش الأمان

K = ثابت يُحدد طبقاً للنسبة المئوية من عدد نتائج اختبارات تحديد المقاومة المسموح بأن تقل فيها المقاومة عن مقاومة الضغط المميزة f_{cu} ، ويساوى ١,٦٤ لضمان -إحصائياً- تحقيق المقاومة المميزة المذكورة في البند السابق

s = الانحراف المعيارى لنتائج اختبارات المقاومة على خلطات سابقة استعملت فيها نفس المواد المزمع استخدامها وأنتجت الخرسانة تحت نفس الظروف

وفى حالة توافر بيانات إحصائية من نتائج اختبارات المقاومة على خلطات استعملت فيها نفس المواد المزمع استعمالها و أنتجت الخرسانة تحت نفس الظروف يحسب هامش أمان تصميم الخلطة طبقاً للحالة (١) من الجدول (٢-١٥) وفى حالة عدم توافر بيانات إحصائية يحسب هامش أمان تصميم الخلطة طبقاً للحالة (٢) من نفس الجدول.

جدول (٢-١٥) هامش أمان تصميم خلطات الخرسانة

البيانات الإحصائية المتوافرة عن نتائج اختبار المقاومة	هامش أمان تصميم خلطة الخرسانة M عندما تكون المقاومة المميزة f_{cu}		
	f_{cu} < ٢٠ ن/مم٢	٢٠ ≤ f_{cu} < ٤٠ ن/مم٢	٤٠ ≤ f_{cu} ≤ ٦٠ ن/مم٢
١ – توافر ٤٠ نتيجة اختبار أو أكثر بمواد وظروف مماثلة	(١,٦٤ الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٤ ن/مم٢	(١,٦٤ الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٦ ن/مم٢	(١,٦٤ الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٧,٥ ن/مم٢
٢ – عدم توافر بيانات أو توافر أقل من ٤٠ نتيجة اختبار بمواد وظروف مماثلة	لا يقل عن ٠,٦ من المقاومة المميزة	لا يقل عن ١٢ ن/مم٢	لا يقل عن ١٥ ن/مم٢
الاختبار يمثل متوسط نتيجة ٣ مكعبات قياسية مأخوذة من خلطة واحدة			

٢-٥-٤ المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m

تُصمم الخلطة الخرسانية وتحدد محتويات مكوناتها بحيث يكون متوسط المقاومة المستهدفة f_m مساوياً للمقاومة المميزة f_{cu} مضافاً إليها هامش الأمان M. وعلى ذلك تُحسب المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m من العلاقة التالية:

$$f_m = f_{cu} + M \qquad (2\text{-}6)$$

حيث تُحسب M كما هو مذكور بالبند السابق. وفى جميع الحالات المشار إليها في الجدول (٢-١٥) يتم تعديل المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m للخلطة أثناء تقدم العمل على ضوء النتائج المتوافرة وقيمة الانحراف المعيارى الذى انتهى إليه التحليل الاحصائى لهذه النتائج.

٢-٥-٥ اختيار نسب مكونات الخلطة

٢-٥-٥-١ اعتبارات رئيسية

للمهندس القائم بتحديد مكونات خلطة الخرسانة - سواء كانت بمعمل معتمد أو فى مصنع خرسانة جاهزة معتمد - أن يختار الطريقة التى يراها مناسبة لتصميم الخلطات على أن يأخذ فى اعتباره ما يلى:

- أن يهدف تصميم الخلطة الخرسانية إلى تحديد مكوناتها وبخاصة نسبة الماء / الأسمنت التى تحقق مقاومة الضغط المستهدفة f_m معملياً.
- أن يلتزم بالحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت والحد الأدنى لمحتوى الأسمنت والحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات والكبريتات بالخرسانة والتى يحددها البند (٢-٣-٤).
- يمكن استخدام الإضافات المخفضة للماء أو عالية التخفيض للماء لتحقيق درجة التشغيلية.
- متطلبات الخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة كما فى البنود (٢-٣-١)، (٢-٣-٢).
- ظروف وامكانات إنتاج الخلطة.
- ظروف وإمكانات ومستوى التنفيذ واستخدامات المنشأ.

٢-٥-٥-٢ خلطات تجريبية بالمعمل

على مصمم الخلطة عمل خلطات تجريبية معملية بنفس المواد التى تضمنها تصميم الخلطة وذلك للتأكد من درجة التشغيلية والكثافة ومقاومة الضغط التى يجب أن تكون محققة للقيمة المستهدفة المتوسطة f_m في ظروف المعمل ، وعمل التعديلات اللازمة لتحقيق القيمة التصميمية. ويُعتبر هذا شرطاً لقبول نسب الخلطة معملياً.

٢-٥-٥-٣ خلطات تأكيدية المقاومة (إلزامية)

على منتج الخرسانة - بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة - أن يجرى ثلاث خلطات تجريبية منفصلة من الخرسانة باستعمال المواد المزمع استعمالها ، ويفضل أن تكون كل خلطة -على حدة- بحجم وظروف الإنتاج كاملة، مع ضرورة الالتزام الصارم لمنتج الخرسانة بنوعية المواد ونسب الخلط التى حصل عليها من الخلطة التصميمية. وتقاس التشغيلية لكل من الخلطات

الثلاث. وتُعد تسعة مكعبات على الأقل من كل خلطة تختبر عند عمر ٢٨ يوماً، ويمكن أن تختبر ثلاثة منها عند عمر مبكر – إذا لزم الأمر – ويفضل أن تكون هذه الأعمار ٣ أو ٧ أيام، على أن تعتبر كل مجموعة من المكعبات ممثلة لاختبار واحد.

تُعد عينات الخرسانة وتعالج وتختبر طبقاً للمواصفات القياسية المصرية، وفى حالة وجود نص خاص بمواصفات المشروع يجب إتباعه.

وتُقبل نسب الخلطة إذا تم استيفاء الشروط التالية:

أ – متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً للخلطات الثلاث السابق الإشارة إليها يزيد على $0.9\ f_m$.

ب – متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً للخلطات الثلاث السابق الإشارة إليها يزيد على قيمة المقاومة المميزة بما لا يقل عن:

٤ ن/مم٢ للخرسانة التى تقل رتبتها عن ٢٠

٦ ن/مم٢ للخرسانة ذات الرتبة من ٢٠ إلى أقل من ٤٠

٧,٥ ن/مم٢ للخرسانة ذات الرتبة من ٤٠ إلى ٦٠

جـ – نتيجة مقاومة الضغط لأى مكعب فى أى اختبار لا تقل عن قيمة المقاومة المميزة f_{cu} .

د – لا يزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعب وأصغرها في الاختبار الواحد على ١٥ % من متوسط هذا الاختبار.

٢-٥-٥-٤ خلطات تأكيدية إضافية

إذا ما رأت الجهة المشرفة على التنفيذ أن هناك حاجة لخلطات تأكيدية أثناء التنفيذ، أو قبل عمل تغييرات جوهرية فى المواد أو نسب الخلط، يلزم المقاول (المتعهد) أو منتج الخرسانة بإجراء هذه الخلطات. ويراعى أن يُستبعد من طلب هذه الخلطات تعديل النسب الذى يشمله برنامج ضبط الجودة بغرض التغيير فى الحدود الدنيا للمقاومة وصولاً للمتوسط المستهدف. كما لا تتضمن هذه الخلطات حالات التأكد من المحتوى الأدنى للأسمنت أو النسبة القصوى من الماء الحر إلى الأسمنت. كذلك لا يدخل ضمن هذه الإجراءات الاختبارات الدورية الروتينية لضبط الجودة والمشار إليها فى البند (٨-٧-٢).

٢-٥-٥-٥ خلطات الخرسانة الجاهزة (جاهزة الخلط)

تتطلب الخرسانة الجاهزة – أحياناً – النقل لمسافات بعربات أو شاحنات مع استمرار حركتها أو خلطها قبل وصولها للموقع مما قد يعرضها لفقد في قوامها أو تشغيليتها الأمر الذى قد يتطلب استخدام إضافات مبطئة للشك. وفى جميع الظروف يلزم التعامل مع الخرسانة الجاهزة عند تسليمها بالموقع طبقاً للمواصفات المتفق عليها سواء بالنسبة لاختبارها فى حالتيها الطازجة والمتصلدة (تعيين القوام – محتوى الهواء المحبوس – إعداد العينات لاختبارها فى حالتها المتصلدة).

الباب الثالث

اعتبارات عامة فى تصميم القطاعات

٣-١ طرق التصميم

يتناول هذا الباب أسس تصميم القطاعات الخرسانية نتيجة لتأثير الأحمال والأفعال الواقعة علي المنشأ ، والتي تضمن أن يحقق المنشأ في أجزائه المختلفة ومجموعاته كوحدة متكاملة، وطبقاً للأسس الإحصائية متطلبات الاستعمال والتشغيل التي أنشئ من أجلها طوال فترة استخدامه، مع ضمان عدم حدوث تشكلات غير مسموح بها أو شروخ معيبة وتوافر أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان.

ويمكن تحقيق ما سبق باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين في تصميم المنشآت الخرسانية:

١- التصميم بطريقة حالات الحدود Limit States Design Method

٢- التصميم بطريقة المرونة (طريقة إجهاد التشغيل)
Elastic (Working Stress) Design Method

٣-١-١ طريقة حالات الحدود

لا يجوز استخدام هذه الطريقة لتصميم المنشآت الخرسانية في حالة ما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة بعد ٢٨ يوماً أقل من ٢٠ ن / مم٢ ويتم في هذه الطريقة استيفاء شروط البند (٣-١) باستخدام معاملات أمان كافية لأحمال وأفعال التشغيل للحصول على الأحمال والأفعال القصوى التي يبلغ عندها المنشأ حداً من حالات الحدود (بند ٣-٢-١-١) ويؤخذ عند حساب هذه الحدود كافة العوامل التي تؤثر سلبياً على مقدرة المنشأ في مقاومة الأحمال والناتجة عن عوامل تخفيض لمقاومات المواد والتفاوتات المقبولة سواء في التنفيذ أو في الحسابات ، على ألا يتجاوز ذلك الحدود المسموح بها.

ويمكن تحديد حالات الحدود على النحو التالى:

٣-١-١-١ حالات حد المقاومة القصوى Ultimate Strength Limit States

وهو الحد الذي يضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث انهيار للمنشأ أو لأجزاء منه، والناتجة عن وصول القطاع إلى حد المقاومة القصوى له. ويتحكم هذا الحد في طبيعة انـــهيار أجزاء المنشأ (بند ٤-٢).

٣-١-١-٢ حالة حد الاستقرار Stability Limit State

وهو الحد الذي يضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث انهيارات ناتجة عن الانبعاج (Buckling) (بند ٦-٤) أو الانقلاب (Overturning) أو الطفو (Uplift) أو الانـــزلاق (Sliding) للمنشأ.

٣-١-١-٣ حالات حدود التشغيل Serviceability Limit States

وهي الحدود التي يؤثر تجاوزها سلبياً على استخدام المنشأ ومتانته ، وينقسم هذا البند إلـــى حالات الحدود التالية:

أ -حالات حدود التشكل والترخيم Deformation and Deflection Limit States

وهي الحالات التي تضمن – على أسس إحصائية – عدم حـــدوث تشـــكلات أو ترخيـــم يتجاوز الحدود المسموح بها ، والتي تؤثر علي كفاءة استخدام عناصر المنشأ (بند ٤-٣-١).

ب – حالات حد التشرخ Limit States of Cracking

وهي الحالات التي تضمـــن – على أسس إحصائية – عـــدم حدوث شـــــروخ باتســـاع (Crack width) يؤثر سلبياً علي كفاءة المنشأ، أو تحد من صلاحيته أو طول فـــترة هـــذه الصلاحية، أو تؤثر أيضاً على المظهر العام لأجزائه (بند ٤-٣-٢).

٣-١-٢ طريقة المرونة (طريقة إجهاد التشغيل)

يتم استيفاء شروط البند (٣-١) في طريقة المرونة بتحديد قيم لإجهادات التشغيل المسموح بها (Allowable working stresses) للعناصر الإنشائية المختلفة . ويتم تصميـــم المنشـــأ

بحيث لا تتجاوز الإجهادات الناتجة عن أحمال التشغيل القيم المسموح بـــــها مـــع مراعـــاة أن يستوفي التصميم الشروط التي تضمن الاستقرار بما فيها عدم حدوث الانبعاج طبقاً للبنـــــــد (٣-١-١-٢) وعدم حدوث ترخيم أو تشكلات أو تشرخ معيب طبقاً للبند (٣-١-١-٣).

٣-٢ أسس تحقيق الأمان

يتحقق الأمان عندما تكون مقاومة قطاعات العناصر المختلفة للمنشآت الخرسانية أكبر مـن القوي الداخلية الناجمة عن الأحمال والتحميلات والأفعال المباشرة وغير المباشرة وبحيث يظل المنشأ في كل جزء من أجزائه وككل صالحاً للاستعمال ومحققاً لهذا الأمان.

٣-٢-١ تحديد الأمان عند استعمال طريقة حالات الحدود

٣-٢-١-١ تحديد الأحمال والأفعال

أ – أحمال وأفعال التشغيل Service Loads

تُعرف أحمال التشغيل بأنها الأحمال المنتظر حدوثها تحت ظروف التشغيل والتي تكـــون احتمالات الزيادة في قيمتها لاتتعدي ٥ % وذلك بناءاً علي نتائج وبيانات إحصائية. وتؤخذ هذه الأحمال طبقاً للكود المصري للأحمال والقوى وتشمل الأحمال الحية والدائمة (الميتة)، وكذلـــك أحمال وقوى الرياح والزلازل وضغط الأتربة والسوائل والأحمال الديناميكية، وأيضاً تأثيرات فرق الهبوط وأفعال الزحف والانكماش وتغيرات درجات الحرارة المنتظرة. وفـــي الأجـــزاء المعرضة للزلازل يؤخذ تأثير تلك الزلازل تبعاً لشدتها.

ب – قيم الأحمال والأفعال القصوى لحالات الحد الأقصى للمقاومة

تُحسب الأحمال والأفعال القصوى على عناصر المنشأ المختلفة بضرب أحمـــال التشـــغيل المعرفة في البند (٣-٢-١-١-أ) في معاملات زيادة الأحمال وذلك على النحو التالي:

١ – في العناصر المعرضة لأحمال حية والتي يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والـــزلازل يؤخذ الحمل الأقصى:

$$U = 1.4\,D + 1.6\,L \qquad (3-1)$$

حيث   D = الأحمال الدائمة   Dead Loads

L = الأحمال الحية   Live Loads

٢ – في حالة ما إذا كان الحمل الحي لا يزيد على ٧٥ % من قيمة الأحمال الدائمة يمكن أخذ قيمة الأحمال القصوى:

$$U = 1.5\ (D + L) \qquad (3-2)$$

٣ – في العناصر المعرضة لأحمال حية بالإضافة إلى الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية نتيجة للسوائل أو الأتربة يكون الحمل الأقصى:

$$U = 1.4\,D + 1.6\,(E + L) \qquad (3-3)$$

حيث   E = الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية   Lateral Loads

وبشرط ألا تقل قيمة U عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٣-١).

أما في حالة الضغوط الجانبية للسوائل المحصورة داخل عناصر محددة الأبعاد مثل الخزانات فتستبدل القيمة 1.6 E في المعادلات (٣-٣) ، (٣-٧) بالقيمة 1.4 E.

٤ – في حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح W أو أحمال ناشئة عن زلازل S يؤخذ الحمل الأقصى القيمة الأكبر من أي المعادلتين التاليتين:

$$U = 0.8\,(1.4\,D + 1.6\,L + 1.6\,W) \qquad (3-4)$$

$$U = 0.8\,(1.4\,D + 1.6\,L + 1.6\,S) \qquad (3-5)$$

وبشرط ألا تقل قيمة U عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٣-١) ولا يجوز الجمع بين حالتي أحمال الرياح والزلازل.

٥ – في حالات التحميل التي يؤدي فيها خفض الأحمال الدائمة إلي زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة (٠,٩٠).

٦ – في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ تُستبدل الأحمال القصوى في المعادلات الواردة فى البنود (١، ٣، ٤) السابقة بما يلى على التوالى:

$$U = 0.9\ D \qquad (3-6)$$

$$U = 0.9\ D + 1.6\ E \qquad (3-7)$$

$$U = 0.9\ D + 1.3\ W \qquad (3-8)$$

$$U = 0.9\ D + 1.3\ S \qquad (3-9)$$

٧ – عند حساب تأثير تغييرات درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش T يؤخذ الحمل الأقصى كما يلى:

$$U = 0.8\ (1.4\ D + 1.6\ L + 1.4\ T) \qquad (3-10)$$

بشرط ألا يقل عن:

$$U = 1.4\ (D + T) \qquad (3-11)$$

وتُحسب تأثير هذه الانفعالات طبقاً للبند (٣-٣).

٨ – يمكن أن تُعامل الأحمال الديناميكية K على أساس حمل استاتيكى إضافي مكافئ ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلي:

$$U = 1.4\ D + 1.6\ L + 1.6\ K \qquad (3-12)$$

مع مراعاة ما جاء في المعادلة (٣-٦).

جـ - قيم الأحمال والأفعال في حالة التصميم بطريقة المرونة ولحالات حدود التشغيل

١ - عند التصميم بطريقة المرونة (بند ٣-١-٢) وكذلك عند حساب حالات حدود التشغيل طبقاً للبند (٣-١-١-٣) (الترخيم والتشرخ بطريقة المرونة) تُعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسابية مساوية لقيم أحمال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ).

٢ - في حالات التحميل التي تؤدي فيها خفض الأحمال الدائمة إلى زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة (٠,٩٠).

٣ - في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تُزيد من ثبات المنشأ تؤخذ أحمال التشغيل كما يلي:

$$1)\ \ 0.9\ D \qquad (3-13)$$

$$2)\ (0.9\ D + W)\ \text{or}\ (0.9\,D + S) \qquad (3-14)$$

مع ضرورة أخذ معامل الأمان الكافي الذي يضمن استيفاء شروط حالة حد الاستقرار.

٣-٢-١-٢ معامل خفض المقاومة γ

يمثل معامل خفض المقاومة γ معامل الأمان المطلوب لأخذ المعاملات المختلفة التي تؤثر سلبياً علي المقاومات القصوى للقطاعات المختلفة في الاعتبار، وتتمثل هذه العوامل في احتمالات الاختلافات البسيطة والتي تكون في حدود نسبة الخطأ المسموح بها إحصائياً في أبعاد القطاع ونوعيات الخرسانة والصلب المستعمل عن القيم التي تم التصميم على أساسها، وكذلك فى الأخطاء البسيطة التي قد تنتج عن التقريب في العمليات الحسابية والافتراضات التقريبية في الحل ، وتختلف قيم هذه المعاملات طبقاً لنوعية الأحمال المؤثرة (عزوم ، قص ،...... ألخ) وطبقاً لطبيعة الانهيار الخاصة به سواء من النوعية القصفة (Brittle) أو من النوعية المطيلة (Ductile) التي تعطي إنذارات مسبقة وتختلف أيضاً طبقاً لأهمية العنصر في المنشأ.

وتُعطى قيم هذه المعاملات كما يلي:

١ – حالات حد المقاومة القصوى

أ – تؤخذ معاملات خفض المقاومة للخرسانة γ_c ولصلب التسليح γ_s للتأثيرات التالية:

- قوة الشد المحورية وقوى الشد اللامركزية.
- عزوم الإنحناء.
- قوى القص وعزوم اللى.
- الارتكاز .
- التماسك.

كما يلى:

$$\gamma_c = 1.5 \qquad (3-15-a)$$

$$\gamma_s = 1.15 \qquad (3-15-b)$$

ب – في حالة عزوم الانحناء المصحوبة بقوى ضغط محورية (ضغط لامحوري)

تؤخذ معاملات خفض المقاومة المميزة كما يلي:

$$\gamma_c = 1.5\left\{\left(\frac{7}{6}\right) - \frac{(e/t)}{3}\right\} \geq 1.5 \qquad (3-16-a)$$

$$\gamma_s = 1.15\left\{\left(\frac{7}{6}\right) - \frac{(e/t)}{3}\right\} \geq 1.15 \qquad (3-16-b)$$

حيث $(\frac{e}{t}) \geq 0.05$

٢ – حالات حدود التشغيل

تؤخذ معاملات خفض المقاومة للخرسانة وصلب التسليح لجميع حالات حدود التشغيل والتي تشمل:

- الترخيم.
- التشكل.
- التشرخ.

كما يلى:

$$\gamma_c = \gamma_s = 1.0 \quad (3-17)$$

٣-٢-٢ تحديد الأمان عند استعمال طريقة المرونة

تُحدد أسس الأمان عند استعمال طريقة المرونة طبقاً لما هو وارد في الباب الخامس من هذا الكود.

٣-٣ الأفعال الداخلية

أ - أحمال الانكماش : تؤخذ من الكود المصرى للأحمال.

ب - أحمال الحرارة : تؤخذ من الكود المصرى للأحمال.

جـ - الانفعالات طويلة الأجل للخرسانة (الزحف - Creep) تؤخذ وفقاً لبند (٢-٣-٣-٥).

الباب الرابع

التصميم بطريقة حالات الحدود

Limit States Design Method

٤-١ اعتبارات عامة

يتناول هذا الباب كيفية تحقيق البنود الأساسية فى تصميم المنشآت الخرسانية بطريقة حالات الحدود التى وردت فى الباب الثالث، وهى الحالات التى تضمن أماناً كافياً ضد الانهيار نتيجة لوصول القطاع إلى حد المقاومة القصوى وطبقاً لما سيرد فى البند (٤-٢) مع استيفاء كافة متطلبات التشغيل طبقاً للشروط الواردة فى البند (٤-٣).

٤-٢ حالة حد المقاومة القصوى — Ultimate Strength Limit State

يتناول هذا البند حساب المقاومة القصوى لقطاعات معرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية (بند ٤-٢-١) ولقطاعات معرضة لقوى قص (بند ٤-٢-٢) ولقطاعات معرضة لعزوم لى (بند ٤-٢-٣) وكذلك مقاومة التحميل (الارتكاز) (بند ٤-٢-٤) والتحقق من مقاومة التماسك (بند ٤-٢-٥).

٤-٢-١ حالة حد المقاومة القصوى لعزوم انحناء أو قوى لامركزية

Ultimate Strength Limit State: Flexure or Eccentric Forces

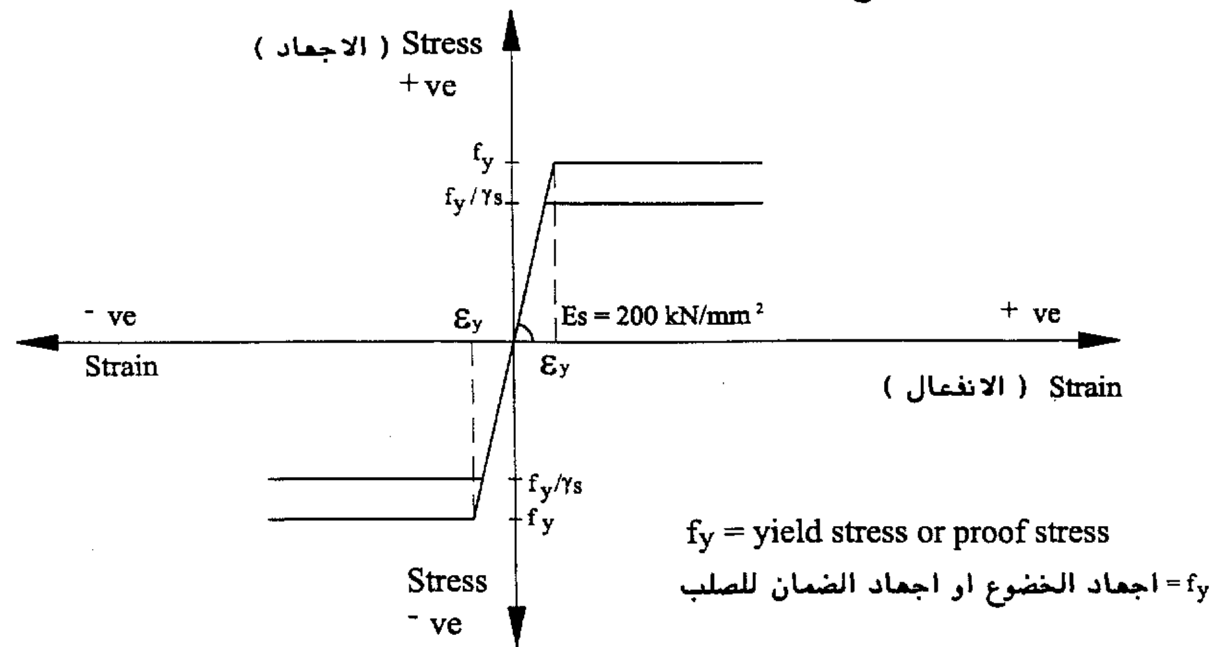
يتم تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لا مركزية باستخدام طريقة الحد الأقصى للمقاومة طبقاً لنصوص هذا البند.

٤-٢-١-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة

يجب أن يفى حد المقاومة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء بسيطة أو لعزوم انحناء مع قوى محورية بشروط الاتزان (Equilibrium conditions) وشروط توافق الانفعالات (Compatibility of strains) بالإضافة إلى الفروض والاعتبارات العامة التالية:

١- توزع الانفعالات على القطاع توزيعا خطيا وبالتالى تعتبر الانفعالات فى الصلب والخرسانة متناسبة مع بعدها عن محور الخمول ، وذلك فى كل العناصر عدا الكمرات العميقة فيكون توزيع الانفعالات لاخطيا.

٢- تؤخذ العلاقة بين الإجهاد والانفعال للصلب طبقا للمنحنى الاعتباري (Idealized curve) شكل (٤-١) مع مراعاة حدود إجهاد الخضوع طبقا لما هو وارد بالفرض الرابع الخاص بشروط حد التشرخ.



شكل (٤-١) المنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال لصلب التسليح

٣-أ- تؤخذ قيم f_y بما لايزيد على ٤٠٠ ن/مم٢ للصلب ذى النتوءات المطابق للمواصفات القياسية المصرية وللشبك الملحوم ذى النتوءات أو ذى العضات ، والذى لا يزيد قطره على ١٠مم ومطابق للمواصفات القياسية المصرية.

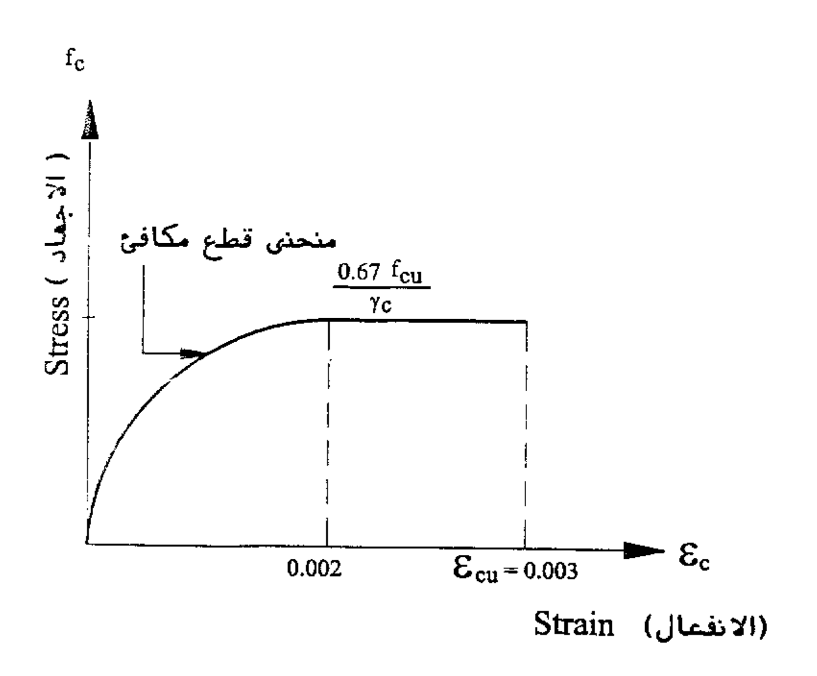
ب - إذا ثبت بالاختبارات أن إجهاد الخضوع f_y لأسياخ الصلب الأملس تزيد على ٢٤٠ ن/مم٢ فتؤخذ قيمة f_y الخاصة به وبحد أقصى ٢٨٠ ن/مم٢.

جـ- تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع f_y للشبك الملحوم المسحوب على البارد بدون نتوءات (أملس) عند التصميم بما لا يزيد على ٣٠٠ ن/مم٢.

٤- يجب استيفاء شروط حد التشرخ عند تحديد قيم الإجهادات التصميمية للصلب المستخدم وذلك كما هو وارد فى البند (٤-٣-٢) الخاص بحد التشرخ.

٥- تهمل مقاومة الخرسانة فى الشد ويقاوم الصلب كافة إجهادات الشد عند حساب حد المقاومة القصوى.

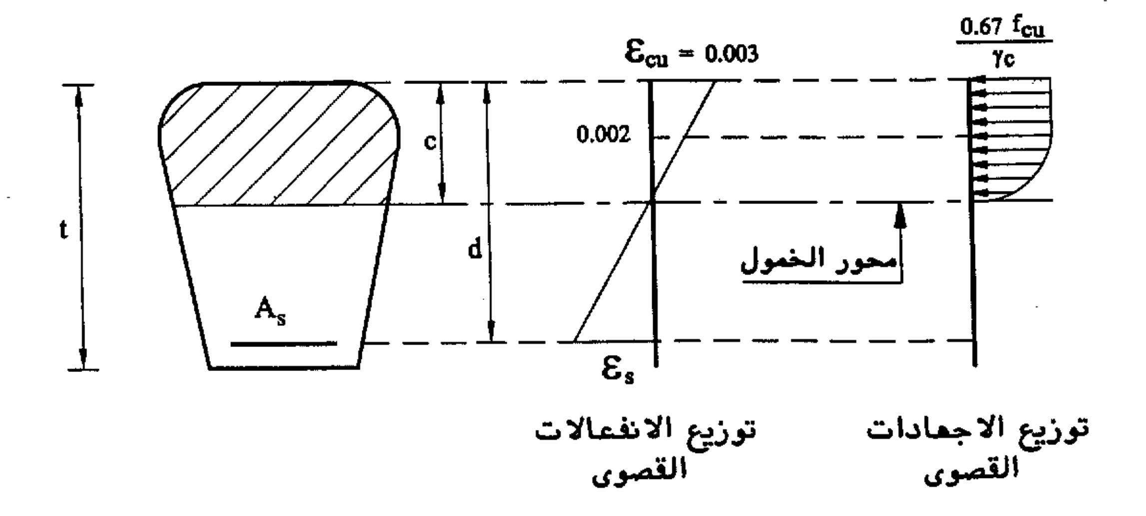
٦- يؤخذ توزيع الإجهادات فى منطقة الضغط من المقطع الخرسانى حسب منحنى الإجهاد والانفعال المبنى على تجارب معملية قياسية ، ويمكن أن يؤخذ المنحنى المذكور مطابقاً للمنحنى الاعتباري (Idealized curve) الموضح فى شكل (٤-٢).



شكل (٤-٢) المنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال للخرسانة

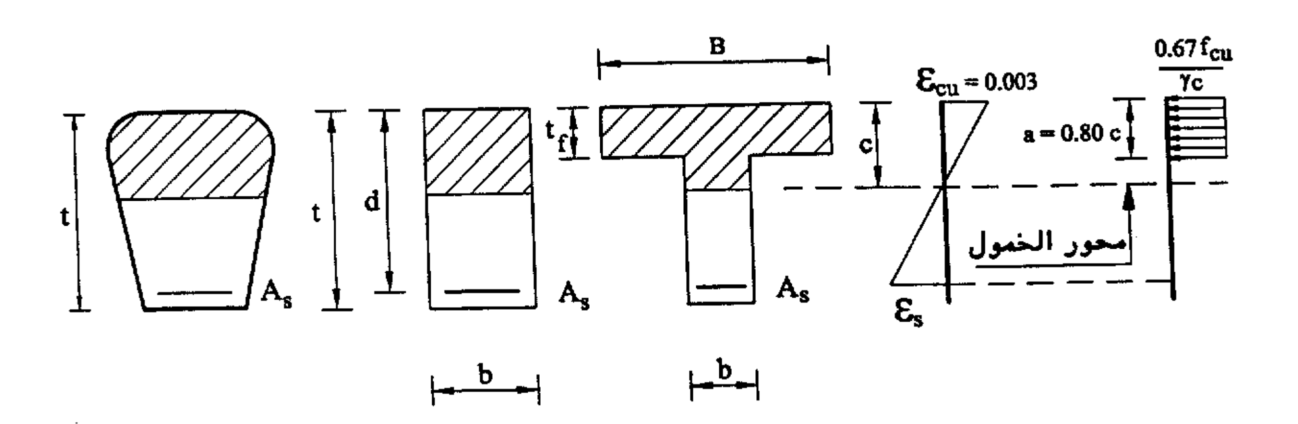
٧- يؤخذ الانفعال الأقصى للانضغاط فى القطاعات الخرسانية مساوياً $\varepsilon_{cu} = 0.003$ للعناصر المعرضة لعزم انحناء أو لانحناء مصحوب بقوى محورية تجعل جزء من القطاع معرضاً للشد بينما تؤخذ $\varepsilon_{cu} = 0.002$ فى القطاعات المعرضة لقوى ضغط محورية عند مركز لدونة المقطع، حيث مركز لدونة القطاع هو النقطة التى إذا أثرت عندها قوى الضغط القصوى ينتج عنها انضغاطاً منتظماً فى القطاع.

٨- بناءاً على الفرضين السادس والسابع يكون توزيع إجهادات الضغط القصوى على المقطع كما هو موضح فى شكل (٤-٣).



شكل (٤-٣) توزيع الانفعالات الإجهادات القصوى

٩- يمكن اعتبار متطلبات الفرضين السابقين (٦، ٧) مستوفاة فى القطاعات المستطيلة والقطاعات التى على شكل T والقطاعات على شكل شبه منحرف ، كما هو موضح فى شكل (٤-٤)، وذلك بفرض إجهاد ضغط الخرسانة موزعاً بالتساوى على منطقة مكافئة ومحددة بحافة الألياف المعرضة لأقصى انفعال فى منطقة الضغط وبخط موازى لمحور الخمول ويبعد مسافة $a = 0.8c$ من هذه الحافة ، حيث المسافة c هى بعد محور الخمول عن الحافة الأكثر انضغاطاً ، وتكون قيم إجهاد الضغط المنتظم مساوية $0.67\ f_{cu}/\gamma_c$ ويطلق على هذا التوزيع للإجهادات المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط (Equivalent rectangular stress block).



شكل (٤-٤) المستطيل المكافئ لتوزيع إجهادات الضغط

١٠- بالنسبه للقطاعات المستديرة وكذلك القطاعات الأخرى غير المذكورة فى الفقرة السابقة توزع الإجهادات القصوى فى القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة فى شكل (٤-٣). وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ لمثل هذه الحالات التى يستوفى فيها شروط تساوى مساحة المستطيل المكافئ ومساحة الإجهادات القصوى على أن ينطبق مركزا مساحتيهما.

١١- فى حالة القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة (Biaxial bending moments) وكذلك القطاعات المعرضة لعزوم مزدوجة مصحوبة بقوة محورية، فإنه يتم توزيع الإجهادات القصوى فى القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة فى شكل (٤-٣). وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ طبقاً لما هو مبين فى الفقرة (١٠) السابقة.

٤-٢-١-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء Sections Subject to Flexure

٤-٢-١-٢-أ- القطاعات ذات تسليح شد فقط

بالنسبة إلى القطاعات ذات تسليح للشد فقط للكمرات المستطيلة والبلاطات المصمتة وكذلك بالنسبة الى القطاعات على شكل T التى يقع محور الخمول فيها داخل سمك البلاطة يحدد العزم الحدى الأقصى لمقاومة القطاع (Uitimate limit moment) من المعادلة :

$$M_u = \left(\frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_s}\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (4\text{-}1)$$

ويتم حساب عمق المستطيل المكافئ a من العلاقة

$$a = \frac{\left(\dfrac{A_s \cdot f_y}{\gamma_s}\right)}{\left(\dfrac{0.67 f_{cu}}{\gamma_c}\right) b} \qquad (4\text{-}2)$$

على أنه يجب ألا تقل النسبة a/d عن ٠,١ ولا يزيد ذراع العزم y_{ct} على 0.95d فى أى حالة من الأحوال، وأن يستوفى ما ورد بالبند (٤-٢-١-٢-ز) الخاص بالنسبة الدنيا لصلب التسليح. كما يجب أن يراعى أن لا تتجاوز النسبة a/d القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ).

٤-٢-١-٢- ب- التسليح التوازني للقطاع — Balanced Section

يوجد حد فاصل بالنسبة للقطاعات ذات التسليح في ناحية الشد فقط (الحد التوازني) بين الانهيار المفاجئ (Brittle failure) والانهيار المطيل (Ductile failure) الذي يعطي إنذارات مسبقة . ويحدث هذا الحد عندما يبلغ انفعال الصلب المعرض لأقصى انفعال شد انفعالاً يساوي f_y/E_s في نفس اللحظة التي يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتي تساوي $\varepsilon_{cu} = 0.003$ ولتلافي الوصول بتسليح القطاعات إلى الحد الفاصل المذكور وفي ذلك ضمان لوجود ممطولية (Ductility) كافية في العناصر فإنه يلزم إتباع البيانات الواردة في البند التالي (٤-٢-١-٢-جـ) والتي تحدد أقصى نسبة صلب مسموح بها في القطاع μ_{max} والعزوم القصوى المناظرة لها M_{umax}، وكذلك أقصى نسبة لبعد محور الخمول عن الألياف المعرضة لأقصى ضغط الى العمق الفعال للقطاع c_{max}/d . وللتطابق مع المنحنى الاعتباري لصلب التسليح المبين في شكل (٤-١) تؤخذ قيمة اعتبارية لانفعال الصلب ε_y تساوي :

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{\gamma_s . E_s} \qquad (4\text{-}3)$$

٤-٢-١-٢-جـ – أعلى قيم مسموح بها للعزوم M_{umax} ولنسب الصلب μ_{max} في قطاع خرساني مسلح بالصلب جهة الشد فقط ومعرض لعزوم انحناء هي :

$$M_{umax} = \frac{R_{max} . f_{cu} . b . d^2}{\gamma_c} \qquad (4\text{-}4)$$

$$\mu_{max} = \frac{A_{smax}}{b.d} = \frac{\left(\frac{0.67 f_{cu}}{\gamma_c}\right)\left(\frac{a_{max}}{d}\right)}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}5)$$

وتعطي الجداول (٤-١) ، (٤-٢) التالية قيم R_{max} , μ_{max} لنسب توزيع العزوم وإجهادات الصلب المتعددة . ويعطي الجدول (٤-١) هذه الحدود القصوى في الحالات التي لا يسمح فيها بأي إعادة لتوزيع العزوم الحانية على القطاعات ، أي تؤخذ قيم العزوم الحانية طبقاً لنظريات المرونة في الكمرات والبلاطات والإطارات غير المحددة استاتيكيا والمحملة بحالات

التحميل القصوى المختلفة شاملاً فروق الهبوط والتأكد من استيفاء المنشآت بعد تنفيذها لقيم f_{cu} الواردة فى التصميم ، وطبقاً للشروط الواردة فى الباب السادس من هذا الكود ، على أنه فى هذه الحالة يفضل أن تكون العزوم الحانية فى الكمرات والبلاطات غير المحددة استاتيكياً قد تم تحديدها باستخدام تقييم دقيق للجساءات النسبية للعناصر الإنشائية ، وكذلك لنوعيات الارتكاز وتطابقها مع الافتراضات التصميمية ، وكذلك يجب التأكد من استيفاء شروط حدود التشكل والتشرخ .

أما فى حالات السماح بإعادة توزيع العزوم بمقدار $\pm$ ١٠ % فيجب ألا تتعدى R_{max} و μ_{max} القيم الواردة فى الجدول (٤-٢) .

جدول (٤-١) معامل الحد الأقصى لمقاومة العزوم R_{max} ونسبة صلب التسليح القصوى μ_{max} ونسبة العمق الأقصى لمحور الخمول إلى العمق الفعال c_{max}/d للقطاعات المسلحة جهة الشد فقط

رتبة الصلب*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240/350	0.50	$8.56x10^{-4} f_{cu}$	0.214
280/450	0.48	$7.00x10^{-4} f_{cu}$	0.208
360/520	0.44	$5.00x10^{-4} f_{cu}$	0.194
400/600	0.42	$4.31x10^{-4} f_{cu}$	0.187
450/520**	0.40	$3.65x10^{-4} f_{cu}$	0.180

* طبقاً للجدول (٢-١) وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢ .

** خاصة لصلب الشبك مع استيفاء ما جاء بالبند (٤-٢-١-١-٣) .

جدول (٤-٢) معامل الحد الأقصى لمقاومة العزوم R_{max} ونسبة صلب التسليح القصوى μ_{max} ونسبة العمق الأقصى لمحور الخمول إلى العمق الفعال c_{max}/d للقطاعات المسلحة جهة الشد فقط فى حالة إعادة توزيع العزوم بمقدار $\pm$ ١٠ %

رتبة الصلب*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240/350	0.40	$6.85x10^{-4} f_{cu}$	0.180
280/450	0.38	$5.58x10^{-4} f_{cu}$	0.173
360/520	0.34	$3.88x10^{-4} f_{cu}$	0.157
400/600	0.32	$3.29x10^{-4} f_{cu}$	0.150
450/520**	0.30	$2.74x10^{-4} f_{cu}$	0.142

* طبقاً للجدول (٢-١) وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢ .

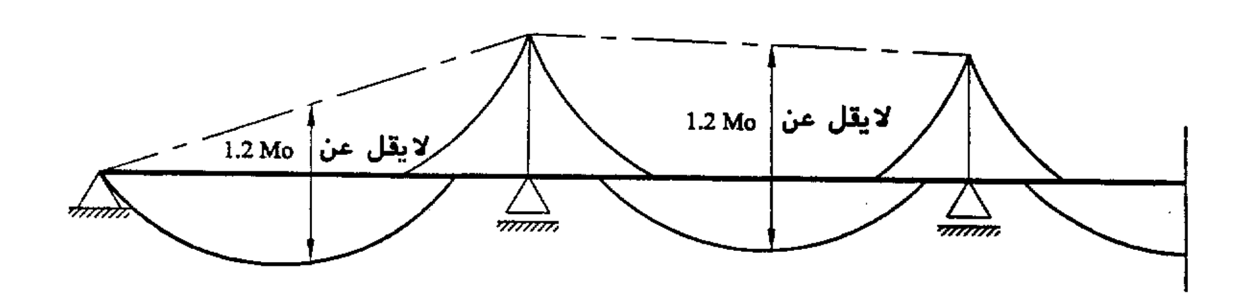
** خاصة لصلب الشبك مع استيفاء ما جاء بالبند (٤-٢-١-١-٣).

على أنه يُشترط لإمكان إعادة توزيع العزوم بمقدار ± ١٠ % طبقاً للجدول (٤-٢) الوفاء بالاشتراطات الإضافية التالية:

١- يجب التأكد من أن شروط الاتزان مستوفاة بعد إعادة توزيع العزوم.

٢- يجب التأكد من أن شروط التشكل والتشرخ مستوفاة.

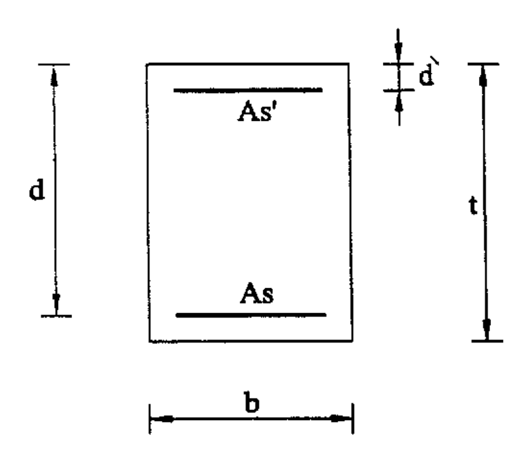
٣- يجب فى جميع الأحوال ألا يقل مجموع العزمين السالب والموجب للبحر الواحد عن ١,٢ من قيمة M_o كما هو مبين فى شكل (٤-٥) حيث M_o هى أقصى عزم انحناء للبحر المقصود إذا كان بسيط الارتكاز.



شكل (٤-٥) توزيع العزوم الحانية فى الكمرات

٤-٢-١-٢-د- القطاعات المستطيلة المعرضة لعزوم انحناء ذات تسليح فى الشد وفى الضغط

١- يمكن زيادة مقاومة القطاعات عن الحدود القصوى المذكورة فى البند السابق (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك باستخدام صلب ناحية الضغط فى القطاعات (شكل ٤-٦)، ويتم حساب المقاومة القصوى للمقطع فى هذه الحالات من المعادلات التالية:



شكل (٤-٦) قطاع مزود بصلب ناحية الشد والضغط

$$M_u = R_{max}\left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c}\right)b.d^2 + \left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)A'_s\,(d - d') \qquad (4\text{-}6)$$

حيث:

$$A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right) = \frac{0.67\,a_{max}\cdot b.\,f_{cu}}{\gamma_c} + \frac{A'_s.f_y}{\gamma_s} \qquad (4\text{-}7)$$

ويشترط عند استخدام هذه المعادلات واستخدام الصلب المقاوم للضغط ما يلى :

١- إجراء حسابات لقيم الانفعال فى الخرسانة المضغوطة عند مستوى الصلب المقاوم للضغط، والتأكد من أن الانفعال المذكور مضروبا فى معاير المرونة للصلب E_s يعطى إجهادا أكبر من أو يساوى f_y/γ_s ويمكن التغاضى عن هذا الشرط فى حالة ما إذا كانت:

$(d'/d \leq 0.20)$ فى حالة الصلب الطرى العادى

$(d'/d \leq 0.15)$ فى حالة الصلب 360 / 520

$(d'/d \leq 0.10)$ فى حالة الصلب 400 / 600

وفى غير هذه الظروف يتم تطبيق طريقة توافق الانفعالات لتحديد المقاومة القصوى للمقطع.

٢- وضع كانات على مسافات لاتزيد على ١٥ مرة قطر السيخ المضغوط وذلك لضمان عدم انبعاج الأسياخ المضغوطة.

٣- استيفاء شروط التشكل والترخيم.

٤- يفضل عدم زيادة مساحة الصلب المضغوط A'_s فى المقطع المعرض للعزوم على ٤٠% من مساحة الصلب المشدود فى المقطع A_s.

٥- فى جميع الأحوال يجب مراعاة ضرورة وضع صلب ناحية الضغط فى الكمرات بنسبة لا تقل عن ١٠% من صلب الشد فى الكمرات. وذلك أن الصلب المضغوط يساعد على الحد من تزايد الترخيم على المدى الطويل (Long term deflection) .

٤-٢-١-٢-هـ - القطاعات على شكل T و L والشفة ناحية الضغط والتى يزيد فيها عمق المستطيل المكافئ للإجهادات فى الضغط على سمك شفة القطاع

يمكن تصميم هذه القطاعات باستخدام نظريات توافق الانفعالات . وبصفة تقريبية يمكن حساب العزم الحدى الأقصى للقطاع باستخدام المعادلتين التاليتين والتى يتم فيهما إهمال الضغط المؤثر على جذع القطاع ويكتفى بمقاومة الضغط المؤثر على الشفة، على أن تؤخذ القيمة الأصغر من المعادلتين التاليتين:

$$M_u = 0.67\left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c}\right) B.\, t_f \left[d - \left(\frac{t_f}{2}\right)\right] \qquad (4\text{-}8\text{-}a)$$

$$M_u = A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left[d - \left(\frac{t_f}{2}\right)\right] \qquad (4\text{-}8\text{-}b)$$

حيث t_f = سمك شفة القطاع و B = العرض الفعال للشفة

وتؤخذ قيمة العرض الفعال للشفة B من الباب السادس فى هذا الكود طبقاً للبند (٦-٣-١-٩).

٤-٢-١-٢-و- القطاعات الأخرى المعرضة لعزوم حانية منفردة أو لعزوم حانية مزدوجة

Biaxial Bending

فى هذه الحالة يجب استخدام طريقة توافق الانفعالات طبقاً للبند (٤-٢-١-١) ويمكن فى حالة العزوم الحانية المزدوجة استخدام الطريقة المبسطة طبقاً للبند (٦-٤-٦).

٤-٢-١-٢-ز- الحد الأدنى لصلب التسليح فى القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١- للتحكم فى تشرخ الكمرات المعرضة للعزوم والمزودة بتسليح ناحية الشد فقط ولضمان وجود ممطولية كافية بها ، يجب ألا تقل أدنى نسبة تسليح فى القطاع عن القيمة الأصغر مما يلى:

$$\mu_{min} = \frac{A_{smin}}{b.d} = \frac{1.1}{f_y} \qquad (4\text{-}9)$$

حيث f_y بوحدات ن/مم٢ ، أو أن تكون أدنى نسبة تسليح فى القطاع تزيد بمقدار ٣٠% على النسبة المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء للقطاع والمحسوبة طبقاً للبند (٤-٢-١-٢-١-أ) وبحيث لا تقل نسبة التسليح عن ٠,٢٥ % للصلب الطرى العادى وعن ٠,١٥ % للصلب ذو النتوءات عالى المقاومة مع ملاحظة أنه فى حالة القطاعات بشكل T وL تحسب النسبة μ_{min} مستخدماً عرض الجذع.

٢- فى حاله وقوع شفة القطاع على شكل حرف T ناحية الشد يجوز توزيع جزء من أسياخ التسليح بما لا يتجاوز ثلث مساحة التسليح الرئيسي فى العرض الفعال للشفة طبقاً لبند (٦-٣-١-٩) من هذا الكود أو عرض يساوى ٠,١٠ البحر الخالص للكمرة أيهما أقل. وفى هذه الحالة يلزم حساب وتوافر التسليح العرضي اللازم لنقل قوى القص الناشئة عن وضع أسياخ التسليح خارج الجذع.

٣- تؤخذ أدنى نسبة تسليح فى البلاطات μ_{min} مساوية للنسب المعطاة فى البند (٦-٢-١-٤) من هذا الكود.

٤-٢-١-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية

Sections under Combined Flexure and Axial Compression

يتناول هذا البند تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لعزوم منفردة (Uniaxial bending) أو عزوم مزدوجة (Biaxial bending) والمصحوبة بقوة ضغط محورية تؤثر فى مركز اللدونة للقطاع (Plastic centroid).

أ - يتم تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لأحمال ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم انحناء منفردة أو عزوم انحناء مزدوجة باستخدام طريقة توافق الانفعالات والتى تعتمد على استيفاء شروط اتزان للمقطع مع توافق الانفعالات الناتجة عن الأحمال المحورية والعزوم المؤثرة عليه (بند ٤-٢-١-١).

ب - بالنسبة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة بالإضافة إلى حمل محورى أقصى P_u قيمته لا تتجاوز أى من P_b أو

$$P_u \leq 0.04\, f_{cu}\, A_c \qquad (4\text{-}10)$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويصمم القطاع لمقاومة العزوم فقط طبقاً للبند (٤-٢-١-٢) حيث P_b حمل الضغط التوازني للقطاع ، وهو الحمل اللامركزى الذى يحدث عنده الحد الفاصل بين انهياري الضغط (Compression failure) والشد (Tension failure) فى القطاع ، والذى ينتج عنه انفعالا فى الصلب المعرض لأقصى إجهادات شد يساوى $\varepsilon_y = \dfrac{f_y}{E_s \gamma_s}$ فى نفس اللحظة التى يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتى تساوى $\varepsilon_c = 0.003$.

جـ - بالنسبة للقطاعات الخرسانية المعرضة لقوة ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة قيمتها أقل من $P_u \cdot e_{min}$ و يجب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية للحمل لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M_u}{P_u} = 0.05\, t \qquad (4\text{-}11)$$

أو ٢٠مم أيهما أكبر ، وفى مثل هذه الحالة يمكن أخذ تأثير اللامركزية بطريقة تقريبية وحساب قيمة أقصى مقاومة للقطاع طبقاً للمعادلات التالية:

١- فى حالة أعمدة ذات كانات منفصلة:

$$P_u = 0.35\, f_{cu}\, A_c + 0.67\, f_y\, A_{sc} \qquad (4\text{-}12\text{-}a)$$

٢- فى حالة أعمدة ذات كانات حلزونية مطابقة للوارد فى بند (٦-٤-٧-ط ، ك ، ل) تكون المقاومة القصوى هى الأقل من:

$$P_u = 0.35\, f_{cu}\, A_k + 0.67\, f_y\, A_{sc} + 1.38\, f_{yp}\, V_{sp} \qquad (4\text{-}12\text{-}b)$$

$$P_u = 1.14\,(0.35\, f_{cu}\, A_c + 0.67\, f_y\, A_{sc})$$

$$= 0.40\, f_{cu}\, A_c + 0.76\, f_y\, A_{sc} \qquad (4\text{-}12\text{-}c)$$

حيث:

A_c مساحة القطاع الخرسانى

A_k مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدود بدائرة محور الكانة الحلزونية

A_{sc} مساحة صلب التسليح الطولى

f_y إجهاد الخضوع لصلب التسليح الطولى

f_{yp} إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية

V_{sp} نسبة حجم صلب التسليح الحلزوني للدورة الواحدة للكانات وتساوى:

$$V_{sp} = \frac{\pi A_{sp} D_k}{p} \qquad (4\text{-}12\text{-}d)$$

A_{sp} مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية

D_k قطر قلب القطاع الخرسانى المحصور داخل محور الكانة الحلزونية

p خطوة الكانة الحلزونية تتراوح من ٣٠ إلى ٨٠ مم طبقاً لبند (٦-٤-٧)

وبشرط ألا تقل نسبة حجم كانات التسليح الحلزونية إلى حجم قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائرة الكانة الحلزونية μ_{sp} عن القيمة المحددة بالمعادلة التالية:

$$\mu_{sp} \geq 0.36 \left(\frac{f_{cu}}{f_{yp}} \right) \left[\left(\frac{A_c}{A_k} \right) - 1 \right] \qquad (4\text{-}12\text{-}e)$$

حيث:

$$\mu_{sp} = \frac{V_{sp}}{A_k} \qquad (4\text{-}12\text{-}f)$$

٤-٢-١-٤ القطاعات المعرضة لأحمال شد محورية أو لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال شد محورية

Sections under Axial Tension or Combined Flexure and Axial Tension

أ - تُصمم القطاعات المعرضة لشد محوري أو لقوى شد تؤثر داخل القطاع فى المسافة (d-d`) على أساس أن المقاومة تتم بواسطة صلب التسليح فقط .

ب- تُصمم القطاعات الخرسانية الأخرى خلافاً لما ذكر فى البند (أ) السابق والمعرضة لأحمال شد محورية مصحوبة بعزوم انحناء باستخدام طريقـــــة توافق الانفعالات طبقاً للبنـــد (٤-٢-١-١).

جـ- يجب فى جميع الحالات استيفاء شروط حالة حد التشرخ طبقاً للبند (٤-٣-٢).

٤-٢-٢ حالة حد المقاومة القصوى فى القص

Ultimate Shear Strength Limit State

٤-٢-٢-١ الكمرات Beams

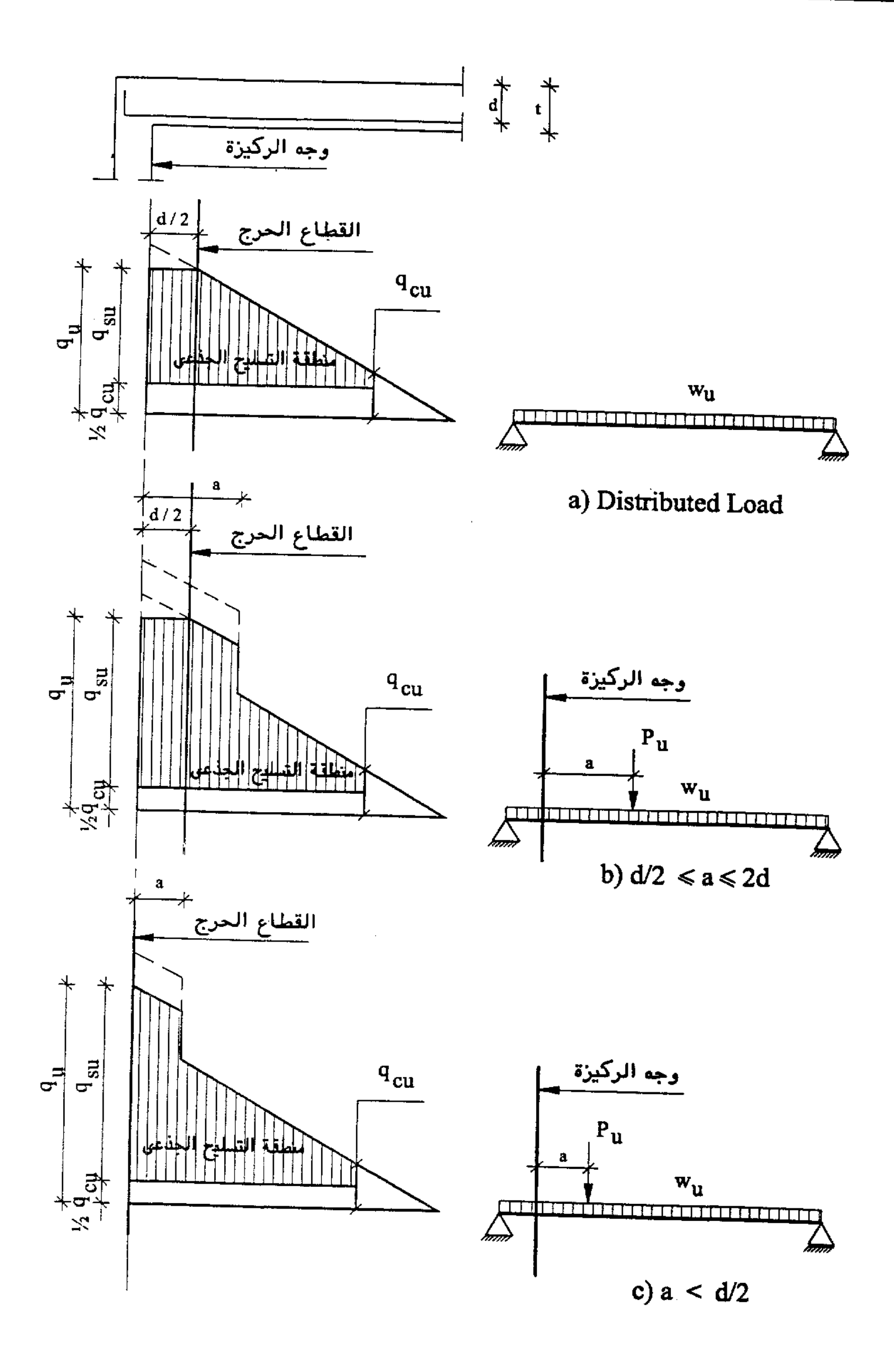
٤-٢-٢-١-١ قوة القص القصوى الاعتبارية فى الكمرات

Nominal Ultimate Shear Force in Beams

أ - لحساب إجهادات القص يؤخذ فى الاعتبار عامة أن أكبر قوة قص هى تلك المحسوبة عند أوجه الركائز شكل (٤-٧) وشكل (٦-١٦) أما فى حـــالات الركـــائز المباشـــرة تحـــت الكمرات حيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز انضغاط عمودي على الحافـــة الســـفلى للكمـــرة موضوع التحليل شكل (٤-٧) وشكل (٦-١٧) فيسمح بأن يكون حساب إجـــهاد القـــص وتصميم التسليح الجذعى اللازم مبنياً على قيمة القص المؤثرة على مســـافة مـــن وجـــه الركيزة الداخلى تساوى نصف الارتفاع الفعال للكمرة $d/2$.

ب - عند وجود حمل مركز P_u فى المسافة a من وجه الركيزة تساوى أو تقل عـــن ضعـــف الارتفاع الفعال $a \leq 2d$ فيسمح فى حساب إجهاد القص الناتج عن هذا الحمل بأخذ قـــوة قص تســـاوى قوة القص الحسابيـــة مضروبة فى $a / 2d$ (شكل ٤-٧) .

جـ - يمكن اعتبار قيم القص المؤثرة فى المسافة بين أكبر قوة قص مؤثرة وبين وجه الركـيزة فى الحالات التى يكون فيها القطاع الحرج على بعد $d/2$ من وجه الركيزة ذات قيمة ثابتة وتساوى أكبر قوة محسوبة طبقاً للبندين (أ ، ب) كما هو مبين فى شكل (٤-٧).



شكل (٤-٧) توزيع إجهادات القص والقطاعات الحرجة فى الكمرات

٤-٢-٢-١-٢ مقاومة القص القصوى الاعتبارية

Nominal Ultimate Shear Strength

أ - فى حالة الكمرات أو البلاطات ذات العمق الثابت يحسب الإجهاد الأقصى للقص q_u عند أى قطاع من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{b.d} \qquad (4\text{-}13)$$

حيث Q_u = القوة القصوى للقص

ب - فى حالة الكمرات متغيرة العمق تستبدل قوة القص Q_u بالقيمة Q_{ur} من المعادلة التالية:

$$Q_{ur} = Q_u - \frac{(M_u . \tan\beta)}{d} \qquad (4\text{-}14)$$

حيث β هى زاوية ميل تغير العمق مقاسة من محور الكمرة وبحيث لا تزيد القيمة $\tan\beta$ على ٠,٣٣ ويفترض فى المعادلة (٤-١٤) أن ارتفاع القطاع يزيد مع زيادة عزم الانحناء وخلاف ذلك تستبدل الإشارة السالبة فى المعادلة (٤-١٤) بإشارة موجبة.

جـ- لا يجوز أن تزيد قيمة q_u للعناصر المعرضة لقوى قص غير مصحوبة بعزوم لى عن القيمة التالية:

$$q_{umax} = 0.70\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}15)$$

وبحد أقصى ٣ ن/مم٢

أما العناصر المعرضة لقوى قص مصحوبة بعزوم لى قصوى M_{tu} فتكون أكبر قيمة لإجهادات القص القصوى q_{umax} مساوية للقيمة المعطاة فى المعادلة (٤-١٥) ومضروبة فى المعامل δ_{si} طبقا للمعادلة (٤-١٦).

للقطاعات المصمتة
$$\delta_{si} = \frac{1}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{q_{tu}}{q_u}\right)^2\right]}} \qquad (4\text{-}16\text{-}a)$$

للقطاعات الصندوقية
$$\delta_{si} = \frac{1}{\left[1+\left(\frac{q_{tu}}{q_u}\right)\right]} \qquad (4\text{-}16\text{-}b)$$

ويمكن إهمال تأثير عزوم اللى إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنه q_{tu} والمحسوبة طبقاً للمعادلة (٤-٤٧) أقل من q_{tu} طبقاً للمعادلة (٤-١٧) والجدول (٤-٣).

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}17)$$

جدول (٤-٣) قيم إجهادات القص القصوى (q_{tu}) الناتجة من عزوم اللى التى يمكن إهمال تأثيرها

f_{cu} N/mm^2	20	25	30	35	40
q_{tu} N/mm^2	0.22	0.25	0.27	0.29	0.31

٤-٢-٢-١-٣ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة لإجهاد القص

أ - فى حالة القطاعات المعرضة لقوى القص أو لقوى القص المصحوبة بعزم لى ينتج عنها إجهادات قص قيمتها أقل من القيمة المعطاة فى المعادلة (٤-١٧) تحسب مقاومة الخرسانة للقص تبعاً للمعادلة الآتية:

$$q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}18)$$

ب - فى حالة وجود قوه ضغط P_u على قطاع ما يمكن زيادة القيمة المبينة فى المعادلة (٤-١٨) وذلك بضربها فى المعامل δ_c التالى:

$$\delta_c = 1 + 0.07\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}19)$$

بحيث لا تزيد قيمة δ_c على 1.50 حيث قيمة $\left(\frac{P_u}{A_c}\right)$ بوحدات ن/مم٢ .

جـ- فى حالة وجود قوة شد P_u على قطاع ما يمكن اعتبار مقاومة الخرسانة للقص مهملة وتساوى صفرا إلا إذا حسبت بطريقة أكثر دقة وذلك بضرب القيمة المبينة فى المعادلة (٤-١٨) بالمعامل δ_t التالى:

$$\delta_t = 1 - 0.20\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}20)$$

٤-٢-٢-١-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعى القصوى الاعتبارية للقص فى الكمرات

أ- إذا زادت القيمة q_u بند (٤-٢-٢-١-٢) عن مقاومة الخرسانة q_{cu} فإنه من الضرورى استخدام تسليح جذعى من نوع أو أكثر من الأنواع التالية:

١- كانات عمودية على محور العنصر.

٢- كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية لا تقل عن ٣٠° مع المحور مع كانات عمودية على مستوى المحور.

ب- يُحسب مقدار مشاركة التسليح الجذعى طبقاً لما يلى:

$$q_{su} = q_u - 0.5\, q_{cu} \qquad (4\text{-}21)$$

ويبين شكل (٤-٧) المناطق التى تتطلب تسليح جذعى مع مراعاة ما جاء فى البند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعى فى المناطق الأخرى.

٤-٢-٢-١-٥ التسليح الجذعى فى الكمرات

أ - فى حالة استخدام كانات عمودية على محور العنصر بدون أسياخ مكسحة يُحسب التسليح الجذعى طبقاً للمعادلة التالية:

$$\mu = \frac{A_{st}}{b.s} = \frac{q_{su}}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4-22)$$

حيث :

b = عرض المقطع

s = المسافة بين الكانات فى اتجاه المحور

ب - فى حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية α على محور العنصر يُحسب التسليح الجذعى تبعاً للعلاقة:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\sin\alpha + \cos\alpha)\right]} \qquad (4-23)$$

حيث

$$q_{sub} = q_{su} - q_{sus} \qquad (4-24)$$

q_{sub} - مقاومة القص القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة

q_{sus} = مقاومة القص القصوى الاعتبارية للكانات العمودية على محور العنصر

وفى حالة ما إذا كانت الزاوية $\alpha = 45^\circ$ يمكن كتابة المعادلة (٤-٢٣) فى الصورة التالية:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\sqrt{2}\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\right]} \qquad (4-25)$$

جـ- فى حالة استخدام صف واحد من أسياخ طولية مكسحة بزاوية α تُحسب المقاومة القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة من العلاقة التالية:

$$\frac{A_{sb}}{b.d}=\frac{q_{sub}}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\sin\alpha)\right]} \qquad (4\text{-}26)$$

وفى هذه الحالة يجب ألا تتعدى قيمة q_{sub} القيمة التالية :

$$q_{sub}\le 0.24\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}27)$$

٤-٢-٢-١-٦ متطلبات عامة فى اختيار وترتيب التسليح الجذعى

أ - يجب ألا يقل الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعى فى الكمرات عن :

$$\mu_{min}=\frac{0.40}{f_y} \qquad (4\text{-}28)$$

حيث f_y بوحدات ن / مم^2

وعلى ألا تقل النسبة المئوية μ_{min} عن القيم الآتية :

٠,١٥ للصلب الأملس العادى 240/350.

٠,١٠ للصلب ذو النتوءات عالى المقاومة .

وعلى ألا تقل الكانات عن ٥ ϕ ٦ مم/م.

ب - فى الكمرات التى يساوى أو يزيد عرض جذعها على ٤٠٠ مم والكمرات التى يزيد عرضها على ارتفاعها ، يجب وضع كانات ذات أربع فروع على الأقل بحيث لا تزيد المسافة بين الفروع على ٢٥٠ مم ، ويستثنى من ذلك الكمرات المذكورة فى بند (٤-٢-٢-١-٦- د).

جـ- يمكن تخفيض الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعى المحدد بالمعادلة (٤-٢٨) فى الكمرات التى يزيد عرضها على ارتفاعها الفعال لتصبح :

$$\mu_{min}=\frac{A_{stmin}}{b.s}=\left(\frac{0.40}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu}}\right) \qquad (4\text{-}29)$$

حيث :

$$\frac{q_u}{q_{cu}} < 1$$

د - يجب أن تصمم العناصر الإنشائية التالية وتحدد أسماكها وارتفاع قطاعاتها على أساس أن مقاومة القص تكون بواسطة الخرسانة فقط وطبقاً للعلاقة (٤-٣٠).

١- القواعد والبلاطات.

٢- الكمرات التى لا يزيد ارتفاعها على ٢٥٠مم أو ٢,٥ سمك الشفة T أو نصف سمك الجذع أيهم أكبر. وتنطبق هذه الحالة على الكمـــرات المدفونة والبلاطات المفرغة.

$$q_{cu} = 0.16\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad \geq q_u \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}30)$$

هـ- يجب ألا تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع لصلب التسليح الجذعى أكبر من ٤٠٠ ن/مم٢ فـى البند (٦-٢-٥-٣-أ).

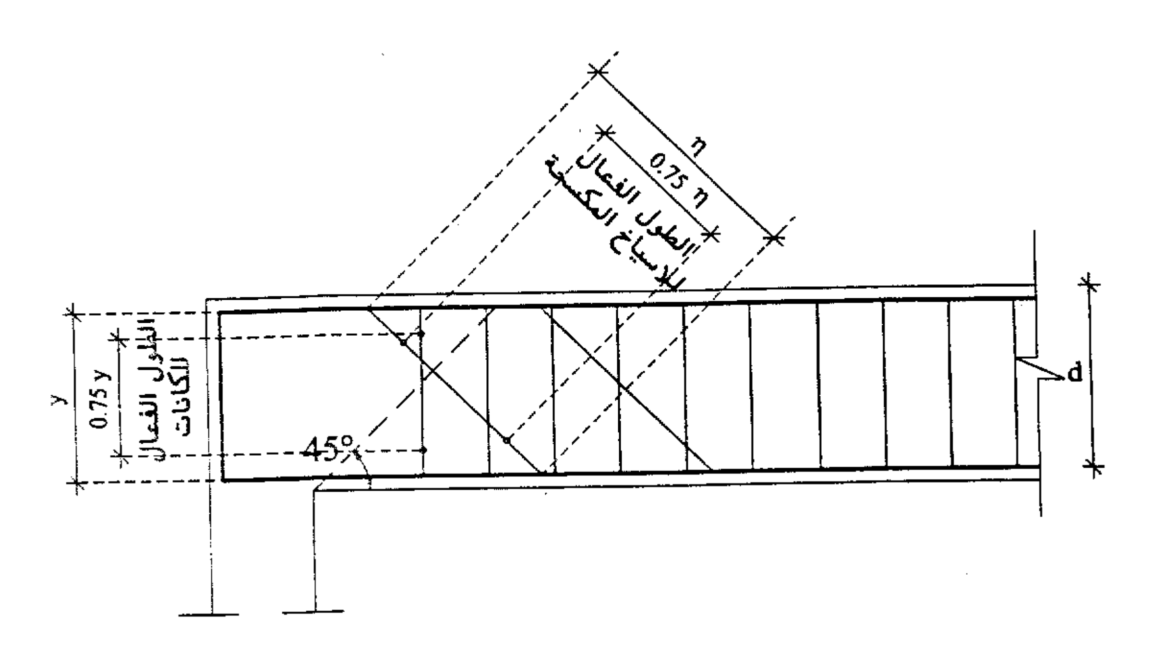
و- لا تزيد المسافة الأفقية بين الكانات الرأسية على d/2 أو ٢٠٠ مم أيهما أقل فى اتجـــاه محور العنصر. وبالنسبة للأسياخ المكسحة يجب ألا تزيد هذه المسافة على قيمة الارتفـاع الفعال d.

ز - يمكن زيادة المسافة الأفقية بين الأسياخ الطولية المكسحة إلى مسافة 1.5 d بشرط ألا يزيد إجهاد القص على مرة ونصف مقاومة الخرسانة للقص، كما يمكن زيادة هـــذه المســـافة الأفقية إلى 2 d إذا كان إجهاد القص لا يتعدى مقاومة الخرسانة للقص.

ح- يُعتبر التسليح الجذعى فعالاً فى حالة أن كل خط يميل بزاوية مقدارها ٤٥° ممتـــد مـــن منتصف عمق الكمرة إلى وجه الركيزة يقطع أحد أسياخ تسليح القص فى جذعه الفعـــال شكل (٤-٨).

ط - يراعى عدم عمل وصلات التنفيذ عند المناطق ذات إجهادات القص العالية.

ى - فى حالة وصلات التنفيذ عند مقطع معرض لقوى قص تُصمم الوصلـــــة تبعاً للبنـــد (٤-٢-٢-٤) .



شكل (٤-٨) التسليح الجذعى الفعال

٤-٢-٢-٢ البلاطات والقواعد Slabs and Footings

١- تحسب إجهادات القص فى البلاطات أو القواعد مثل الكمرات سواء فى الاتجاه الطولى أو العرضى وطبقاً للبنـــــود من (٤-٢-٢-١-١) إلى (٤-٢-٢-١-٣) وكذلك البنـــــد (٤-٢-٢-١-٦- د).

٢- تحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣).

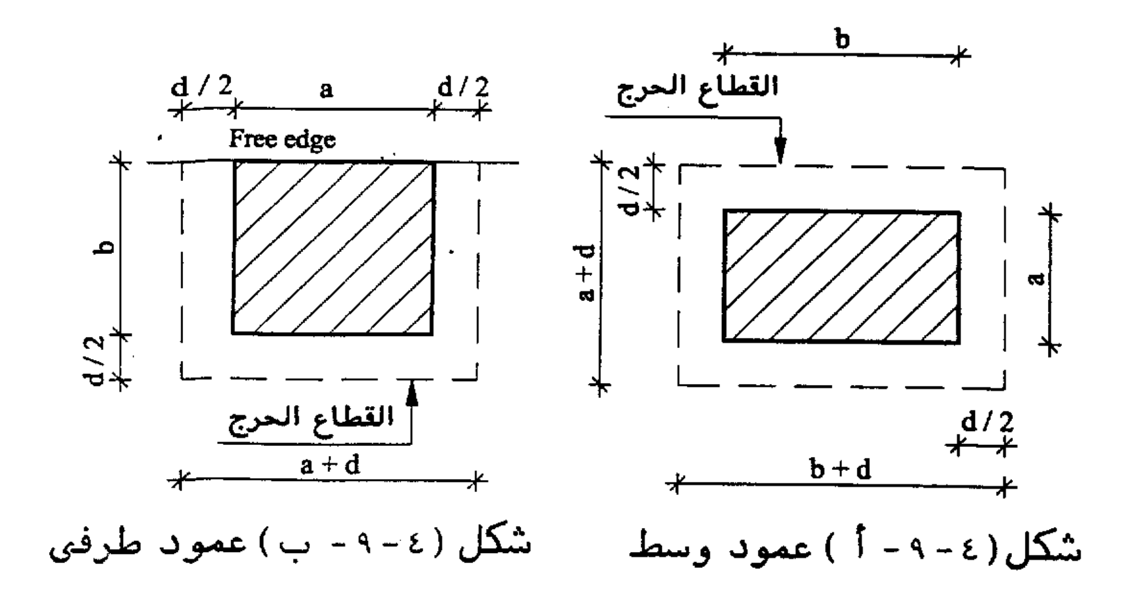
٤-٢-٢-٣ القص الثاقب Punching Shear

أ - يعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب بجوار الأحمال المركزة فى البلاطات والقواعد على بعد $\frac{d}{2}$ من محيط تأثير القوة المركزة.

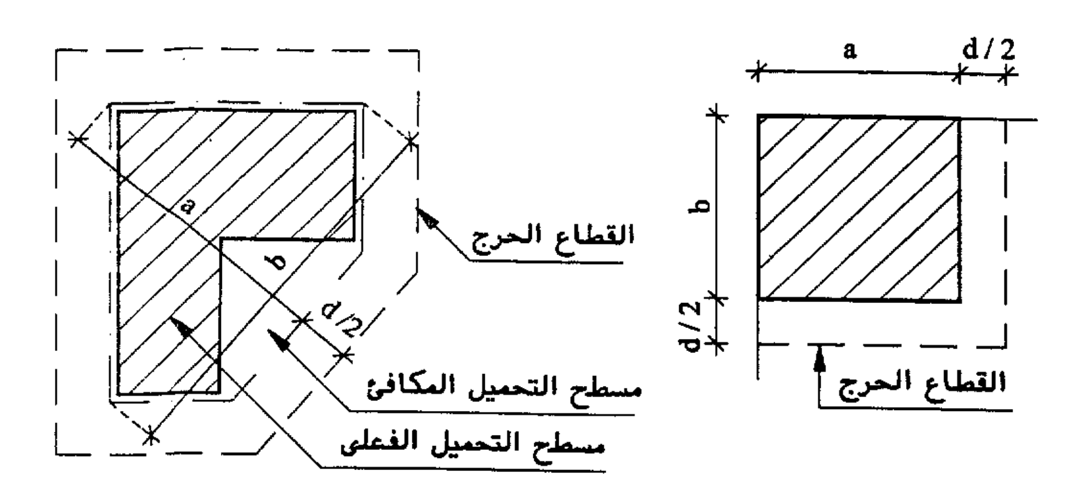
ب - يحسب إجهاد القص الثاقب من العلاقة التالية:

$$q_{up} = \frac{Q_{up}}{(b_o . d)} \qquad (4\text{-}31)$$

حيث b_o هو طول محيط القطاع الحرج كما هو مبين فى شكل (٤-٩).



شكل (٤-٩-أ) عمود وسط　　　شكل (٤-٩-ب) عمود طرفى



شكل (٤-٩-جـ) عمود ركن　　　شكل (٤-٩-د) عمود غير مستطيل

شكل (٤-٩) القطاعات الحرجة فى القص الثاقب

جـ- يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمريـة إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٧-٧)

د - تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من الآتى:

$$q_{cup} = 0.8\left(\frac{\alpha . d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}a)$$

$$q_{cup} = 0.316\left[0.5+\left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}b)$$

حيث a و b هما البعدين الأصغر والأكبر لمسطح التحميل المستطيل الشكل. أما في مسطحات التحميل الأخرى غير المستطيلة فيتم تحديد قيم a و b بعد أخذ مسطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودى على b من مسطح التحميل و b_o هو طول محيط القطاع الحرج و d هو عمق البلاطة الفعال كما هو مبين فى شكل (٤-٩-د) لقطاع تحميل على شكل حرف L و α معامل يساوى ٤ للعمود الداخلى و ٣ للعمود الطرفى و ٢ لعمود الركن. على ألا يزيد مقدار q_{cup} على القيمة التالية :

$$q_{cup} \le 0.316\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}33)$$

هـ- يُحدد سمك البلاطة أو القاعدة اللازمة لمقاومة القص الثاقب على أساس أن القص الثاقب يقاوم بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح أى أن:

$$q_{cup} \ge q_{up} \qquad (4\text{-}34)$$

٤-٢-٢-٤ قص الاحتكاك Shear Friction

أ - تُطبق اشتراطات هذا البند عندما يتم نقل قوى القص بالاحتكاك، كما فى حالات فواصل التنفيذ أو الصب .

ب - تُهمل مقاومة الخرسانة للقص ويتم نقل قوى القص بالكامل عن طريق صلب التسليح ويُحسب طبقاً للمعادلة التالية :

١ - فى حالة وضع صلب التسليح عمودى على مستوى القص :

$$A_{sf} = \frac{Q_u}{\mu\left(\dfrac{f_y}{\gamma_s}\right)} + \frac{N_u}{\left(\dfrac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}35)$$

حيث μ معامل الاحتكاك المبين فى بند (جـ) التالى و N_u هى القوة العمودية على مستوى القص وتكون موجبة فى حالة الشد وسالبة فى حالة الضغط.

٢- فى حالة وضع صلب التسليح المقاوم لقص الاحتكاك بزاوية α_f مع مستوى القص:

$$A_{sf}=\frac{Q_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\mu\sin\alpha_f+\cos\alpha_f)\right]}+\frac{N_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\sin\alpha_f\right]} \qquad (4\text{-}36)$$

جـ- تؤخذ معاملات الاحتكاك μ كما يلى:

- للخرسانة المصبوبة ميليثياً $\mu = 1.20$
- للخرسانة المصبوبة عند فواصل التنفيذ أو الصب وبشرط تخشين السطح بحيث يكون عمق التخشين فى حدود ٥ مم $\mu = 0.80$
- كالسابق ولكن عمق التخشين أقل من ٥ مم وكذلك فى حالة تثبيت عناصر إنشائية من الصلب على عناصر خرسانية $\mu = 0.50$

د- بالإضافة لما سبق ، يجب ألا يتجاوز إجهاد القص بالاحتكاك $\frac{Q_u}{A_c}$ على القطاع، القيمة $0.15\ f_{cu}$ حيث A_c هى مساحة مقطع الخرسانة المقاوم للقص وبحد أقصى ٤ن/م٢.

هـ -يجب ألا تؤخذ قيمة f_y أكبر من ٤٠٠ ن / مم٢.

و- فى حالة تعرض القطاع لقوى شد بالإضافة لقوى قص يجب زيادة مساحة الصلب المقاوم للقص بما يوازى المساحة المطلوبة لمقاومة قوى الشد وفقاً للمعادلة (٤-٣٥) و (٤-٣٦).

٤-٢-٢-٥ الكوابيل القصيرة Brackets and Corbels

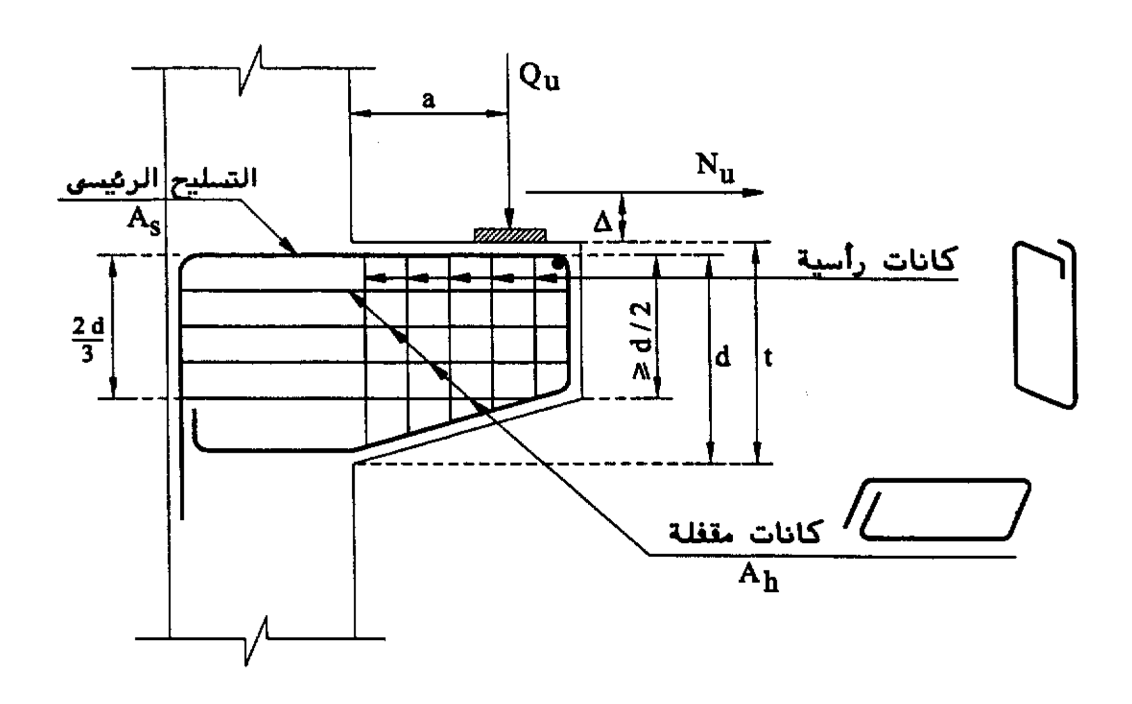
أ- الكوابيل القصيرة هى التى لا يزيد طول بروزها من وجه الركيزة على العمق الفعال للكابولى عند وجه الركيزة . ويسرى ما يرد فى هذا البند على الكوابيل القصيرة التى لا يقل الارتفاع الكلى عند نهايتها عن نصف نظيره عند وجه الركيزة (شكل ٤-١٠).

ب- التسليح الرئيسى فى الكوابيل القصيرة

يؤخذ صلب التسليح الرئيسى A_s للكوابيل القيمة الأكبر من :

$$A_s = A_n + A_f \qquad (4\text{-}37\text{-}a)$$

$$A_s = A_n + (2/3)\ A_{sf} \qquad (4\text{-}37\text{-}b)$$



شكل (٤-١٠) الكوابيل القصيرة

على ألا تقل نسبة التسليح الرئيسى $(\mu = \frac{A_s}{bd})$ عن $0.03\frac{f_{cu}}{f_y}$

حيث:

A_f = مساحة صلب التسليح الأساسى لمقطع الكابولى عند وجه الركيزة والمقاومة لعزم يساوى:

$$M_u = Q_u.a + N_u\left(t + \Delta - d\right) \tag{4-38}$$

والذى يحدد قيمته طبقا للبند (٤-٢-١-٢) لمقاطع معرضة لعزوم انحناء حيث Q_u هى قوة القص القصوى والتى يجب ألا تتعدى قيمتها المعطاة فى بند (٤-٢-٢-٤-د).

A_n = مساحة صلب التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد N_u وتحسب من العلاقة التالية:

$$A_n = \frac{N_u}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \tag{4-39}$$

على أن تعامل القوى N_u على أساس حمل حى وألا تقل قيمتها فى التصميم عن $0.2Q_u$ كما يراعى أخذ تأثير قوى الفرملة إن وجدت فى حساب عزوم اللى وعزوم الانحناء الناشئة عنها.

A_{sf} = مساحة صلب التسليح لمقاومة قوى القص Q_u عن طريق الاحتكاك والتى يُحدد قيمتها طبقاً للبند (٤-٢-٢-٤-ب)

جـ- التسليح الأفقى A_h والموازى للتسليح الرئيسى: يجب وضع كانات أفقية مقفولة وموزعة توزيعاً منتظماً فى ثلثى القطاع العلوى المعرض للشد (شكل ٤-١٠) بحيث تكون مساحتها:

$$A_h = 0.5\,(A_s - A_n) \qquad (4\text{-}40)$$

د- يتم تزويد الكوابيل القصيرة بكانات رأسية تفى باشتراطات مقاومة القطاع لعزوم اللى، وذلك فى حالة ما إذا كانت تلك الكوابيل محتمل لها أن تتعرض لعزوم لي ناشئة عن لامحورية التحميل أو أحمال أفقية. وفى كل الأحوال لا يقل التسليح الجذعى عن الحد الأدنى الذى ينص عليه الكود فى بند (٤-٢-٣).

هـ- يجب التحقق من مقاومة الارتكاز تحت لوح التحميل طبقاً لبند (٤-٢-٤) ويجب ألا يمتد مسطح التحميل بعد الجزء المستقيم لصلب التسليح الرئيسى للشد كما بالشكل (٤-١٠).

٤-٢-٢-٦ الكمرات العميقة فى القص Deep Beams in Shear

أ- ينطبق شروط هذا البند على الكمرات العميقة المعرفة فى البند (٦-٣-٢) وفى حالات التحميل على السطح العلوى للكمرات وكذا فى حالات التحميل على الأسطح المنضغطة للكمرات.

ب- تؤخذ القطاعات الحرجة فى القص على المسافات التالية مُقاسة من وجه الركيزة:

١- $0.15\,L_n$ فى حالة الأحمال المنتظمة حيث L_n هى البحر الخالص للكمرة.

٢- $0.50\,a$ فى حالة حمل مركز على بعد a من وجه الركيزة.

يجب ألا تزيد المسافة فى كل من الحالتين على $d/2$ حيث d العمق الفعال.

جـ- تُحسب إجهادات القص القصوى الافتراضية من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{(b.g)} \qquad (4\text{-}41)$$

حيث:

g = العمق الفعال أو بحر الكمرة الخالص أيهما أقل

د- لا يجوز فى أى حالة أن تزيد قيمة q_u على القيمة المعطاة فى المعادلة (٤-١٥) مضروبة فى المعامل δ_d التالى:

$$\delta_d = \left(\frac{1}{3}\right)\left[2 + \left(\frac{0.4\,L_n}{d}\right)\right] \qquad (4\text{-}42)$$

هـ -تُحسب مقاومة الخرسانة القصوى للقص بضرب مقاومة الخرسانة القصوى المعطاة فى المعادلة (٤-١٨) فى الكمرات العادية فى المعامل δ_{dc} التالى:

$$\delta_{dc} = 3.5 - 2.5\left[\frac{M_u}{Q_u . d}\right] \qquad (4\text{-}43)$$

حيث:

M_u هى قيمة العزم عند المقطع الحرج فى القص وحيث $1 \leq \delta_{dc} \leq 2.5$

على ألا تزيد قيمة q_{cu} فى الكمرات العميقة على:

$$q_{cu} \leq 0.46\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}44)$$

و- فى حالة زيادة إجهادات القص القصوى على مقاومة الخرسانة تحسب مقاومة صلب التسليح الجذعى للقص طبقاً لما يلى:

$$q_{su} = q_u - 0.5\, q_{cu} \qquad (4\text{-}45)$$

حيث يُحسب صلب التسليح الجذعى طبقاً للفقرة (ح) التالية.

ز- يتكون صلب التسليح الجذعى من كانات عمودية على محور الكمـــرة وكانـــات موازيـــة للتسليح الرئيسى.

ح- يُصمم صلب التسليح الجذعى من العلاقة التالية:

$$q_{su} = \delta_v \cdot q_{suv} + \delta_h \cdot q_{suh} \qquad (4\text{-}46\text{-}a)$$

حيث:

q_{suv}, q_{suh} يتم حسابهما كما يلى:

$$q_{suh} = \left(\frac{A_h}{s_h}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad (4\text{-}46\text{-}b)$$

$$q_{suv} = \left(\frac{A_v}{s_v}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad (4\text{-}46\text{-}c)$$

ويتم تحديد المعاملين δ_h , δ_v كما يلى:

$$\delta_h = \frac{11 - \left(\frac{L_n}{d}\right)}{12} \qquad (4\text{-}46\text{-}d)$$

$$\delta_v = \frac{1 + \left(\frac{L_n}{d}\right)}{12} \qquad (4\text{-}46\text{-}f)$$

حيث :

A_h = مساحة مقطع صلب التسليح الجذعى (الأفقى) الموازى لصلب التسليح الرئيسى

A_v = مساحة مقطع صلب التسليح الجذعى (الرأسى) العمودى علـــى صلـــب التســـليح الرئيسى

s_h = المسافة بين أسياخ صلب التسليح الجذعى (الأفقى) الموازى لصلب التسليح الرئيسى

s_v = المسافة بين أسياخ صلب التسليح الجذعى (الرأسى) العمودى على صلب التسليح الرئيسى

L_n = البحر الخالص للكمرة العميقة

ط- يستمر صلب التسليح الجذعى اللازم لمقاومة أقصى إجهادات القص بنفس قيمته على كامل بحر الكمرة.

ك- يجب ألا تقل نسبة صلب التسليح الجذعى عن القيم التالية :

١- صلب التسليح (الرأسى) العمودى على صلب التسليح الرئيسى:

أ - صلب طرى 240/350 $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.0020$

ب- صلب عالى المقاومة $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.0015$

بحيث لا تتعدى قيمة s_v ثلث عمق الكمرة أو ضعف عرض الكمرة العميقة أيهما أقل ولا تزيد على ٢٥٠ مم.

٢- صلب التسليح (الأفقى) الموازى لصلب التسليح الرئيسى:

أ- صلب طرى 240/350 $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.0025$

ب- صلب عالى المقاومة $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.0020$

بحيث لا تتعدى قيمة s_h ثلث عمق الكمرة أو ضعف عرض الكمرة العميقة أيهما أقل ولا تزيد على ٢٥٠ مم.

ل- يجب أن يمتد التسليح الرئيسى بالكامل إلى مناطق الارتكاز مع مراعاة التأكد من تثبيته بطول رباط كاف أو بأى وسائل تثبيت أخرى فى منطقة الارتكاز.

م- فى حالات تحميل الكمرات العميقة بأحمال ينشأ عنها شد على سطح التحميل، وكذلك فى حالات التحميل على الأسطح الجانبية يجب مراعاة أخذ تأثير الشد الناتج عن حالتى التحميل السابقتين عند تصميم التسليح الجذعى.

٤-٢-٣ حالة حد المقاومة القصوى فى اللي

Ultimate Torsion Strength Limit State

٤-٢-٣-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللي

لحساب إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللى القصوى تؤخذ القطاعات الحرجة عند أكبر عزم لي وفى حالة ما إذا كان أكبر عزم لي عند الدعامة فيمكن اعتبار أن القطاع الحرج لعزوم اللى على مسافة d/2 من وجه الركيزة.

٤-٢-٣-٢ إجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزوم لي

أ- تؤخذ قيمة إجهادات القص الاعتبارية لقطاع مصمت من الخرسانة المسلحة من العلاقة التالية:

$$q_{tu} = \frac{M_{tu}}{(2\,A_o \cdot t_e)} \qquad (4\text{-}47)$$

حيث A_o هى المساحة المحصورة داخل مسار قص اللى بالقطاع لوحدة الطول و t_e سمك الحائط للقطاع الصندوقى المكافئ للقطاع الأصلى المصمت . وفى حالة عدم توافر طرق دقيقة لحساب A_o فإنه يمكن أخذ A_o تساوى $0.85\ A_{oh}$ حيث A_{oh} هى المساحة المحصورة داخل محور الحديد العرضى الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللى وتؤخذ $t_e=A_{oh}/p_h$ حيث p_h هو طول محيط محور الحديد العرضى الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللى (شكل ٤-١١-أ).

ب- يمكن حساب قيمة إجهادات القص الاعتبارية القصوى لقطاع على شكل حرف T أو L بإهمال الجزء الفعال من البلاطة، ومعاملة القطاع كقطاع مستطيل.

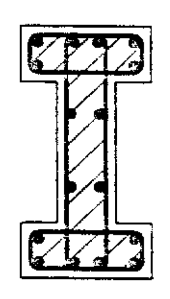
جـ - فى حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة فى الاعتبار عند حساب إجهادات القص الاعتبارية لقطاع على شكل حرف T أو L فإنه يجب إتباع ما يلى:

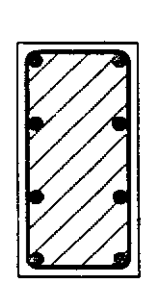
- ألا يزيد العرض الفعال من البلاطة مقاساً من خارج الكمرة على ثلاث مرات سمك البلاطة كما بالشكل (٤-١١-ب).

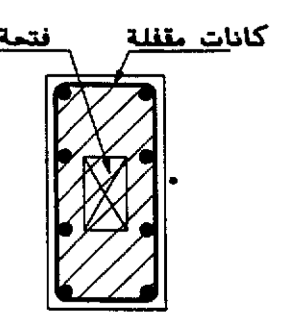
- يجب أن تزود البلاطة بتسليح جذعى فى منطقة العرض الفعال للتأكد من فاعليتها فى مقاومة اللى.

د-القطاع الصندوقى:

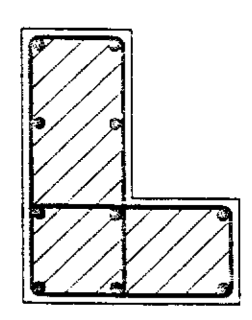
يتم حساب إجهادات القص الاعتبارية للقطاع الصندوقى بالتطبيق فى المعادلة (٤-٤٧) وذلك بالتعويض بالسمك الأدنى من : $t_e = \frac{A_{oh}}{p_h}$ أو أقل سمك فعلى لحوائط القطاع.

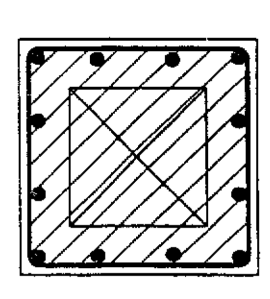


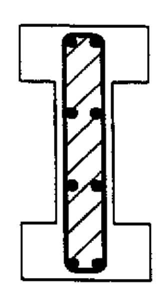




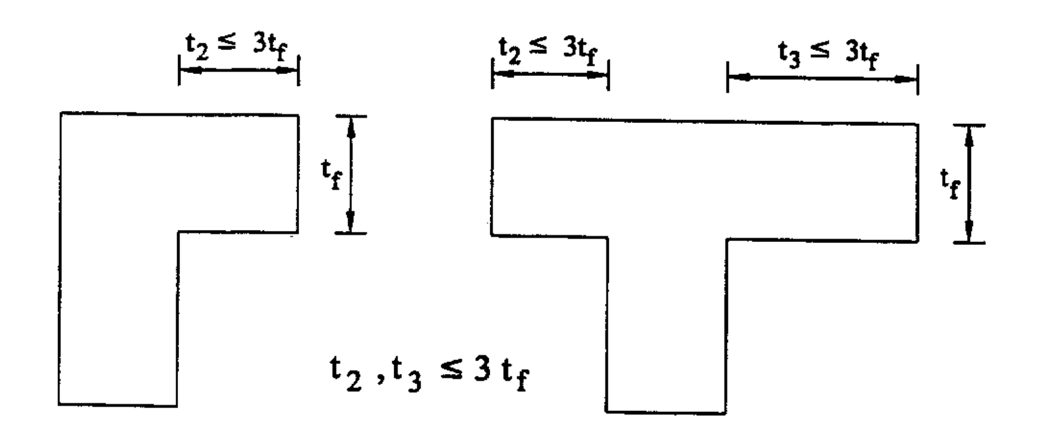
المساحة المهشرة= A_{oh}







شكل (٤-١١-أ) تعريف A_{oh}



شكل (٤-١١-ب) العرض الفعال للبلاطة

٤-٢-٣-٣ يُهمل تأثير عزم اللى فى المقاطع المعرضة لعزم لي فى حالة ما إذا كانت إجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزم اللى الأقصى أقل من القيم المحسوبة من المعادلة (٤-١٧) والجدول (٤-٣).

٤-٢-٣-٤ يجب ألا تزيد إجهادات القص الاعتبارية القصوى لقطاع مسلح بتسليح جذعى بالإضافة إلى تسليح طولى معرض لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لي على العلاقة التالية:

نتيجة عزوم اللى $$q_{tu\,max} = 0.70\, \delta_{ti} \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}48\text{-}a)$$

نتيجة قوى القص $$q_{u\,max} = 0.70\, \delta_{si} \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}48\text{-}b)$$

حيث δ_{ti} و δ_{si} معاملات تعتمد على نسبة إجهاد القص الاعتبارى الناتج من قوى قص قصوى إلى إجهاد القص الاعتبارى الناتج من عزم لي أقصى.

جدول (٤-٤-أ) قيم المعاملات δ_{si} و δ_{ti} للقطاعات المصمتة

q_u/q_{tu}	0.25	0.50	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	4.00	∞
δ_{ti}	0.97	0.89	0.70	0.625	0.55	0.50	0.45	0.24	0.00
δ_{si}	0.24	0.45	0.70	0.78	0.83	0.87	0.89	0.97	1.00

جدول (٤-٤-ب) قيم المعاملات δ_{ti} و δ_{si} للقطاعات الصندوقية

q_u/q_{tu}	0.25	0.50	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	4.00	∞
δ_{ti}	0.80	0.67	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.20	0.00
δ_{si}	0.20	0.33	0.50	0.56	0.60	0.64	0.67	0.80	1.00

ويمكن حساب قيم δ_{ti} و δ_{si} للقطاعات المصمتة من المعادلات التالية:

$$\delta_{ti} = \frac{1}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{q_u}{q_{tu}}\right)^2\right]}} \qquad (4\text{-}49\text{-}a)$$

$$\delta_{si} = \frac{1}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{q_{tu}}{q_u}\right)^2\right]}} \qquad (4\text{-}49\text{-}b)$$

أما فى حالة القطاعات الصندوقية فيتم حساب δ_{ti} و δ_{si} من المعادلات التالية:

$$\delta_{ti} = \frac{1}{\left[1+\left(\frac{q_u}{q_{tu}}\right)\right]} \qquad (4\text{-}49\text{-}c)$$

$$\delta_{si} = \frac{1}{\left[1+\left(\frac{q_{tu}}{q_u}\right)\right]} \qquad (4\text{-}49\text{-}d)$$

كما يمكن أن تؤخذ قيم δ_{ti} و δ_{si} للقطاعات المصمتة من الجدول (٤-٤-أ) وللقطاعات الصندوقية من الجدول (٤-٤-ب).

٤-٢-٣-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لى مصحوبة بقوى قص

أ - إذا زادت قيمة الإجهادات المحسوبة q_{tu} من المعادلة (٤-٤٧) بند (٤-٢-٣-٢) عن القيمة المحسوبة من المعادلة (٤-١٧) بند (٤-٢-٢-١-٢-جـ) وبحيث لا تزيد القيمة

المحسوبة على القيمـــــــــــة q_{tumax} من المعادلة (٤-٤٨) بنـــد (٤-٢-٣-٤) فيجـــب استخدام تسليح لمقاومة عزم لي مكون من كانات مقفلة عمودية علـــى محـــور العنصـــر بالإضافة إلى تسليح طولى. ويجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح مطلـــوب لمقاومـــة عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقاً للجدول (٤-٥).

جدول (٤-٥) التسليح العرضى لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_{tu} \le 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm²	$q_{tu} > 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm²
$q_u \le q_{cu}$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_{tu}
$q_u > q_{cu}$	تسليح لمقاومة $(q_u - q_{cu}/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_{tu} و $(q_u - q_{cu}/2)$

ب - مساحة صلب التسليح العرضى اللازم لمقاومة اللى وهو عبارة عـــن كانـــات مقفلـــة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانـــــــــــة فى القطاع كما يلى:

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2\,A_o \left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \tag{4-50}$$

حيث $A_o = 0.85 A_{oh}$ كما سبق التعريف فى البند (٤-٢-٣-٢) و A_{oh} هى المســـاحة المحصورة داخل محور الصلب العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى.

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة (٤-٥٠) إلى

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7\,(x_1 \cdot y_1)\left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \tag{4-51}$$

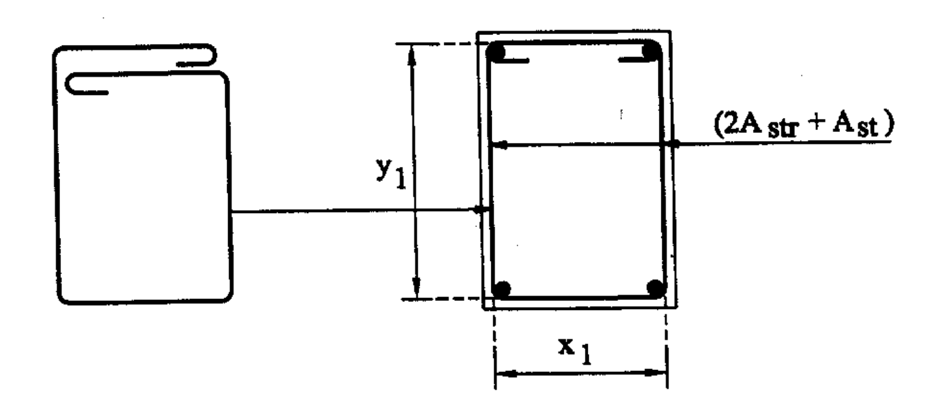
حيث:

A_{str} = مساحة مقطع فرع الكانة اللازمة لمقاومة عزوم اللى

f_{yst} = إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللى بحد أقصى ٤٠٠ ن/مم٢

x_1 = عرض كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة (شكل ٤-١٢)

y_1 = طول كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة (شكل ٤-١٢)



شكل (٤-١٢) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللى وقوى القص (كانات ذات فرعين)

مع ملاحظة ما يلى:

- يجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات اللازمة لمقاومة عزوم اللى طبقا للبند (٤-٢-٣-٥) وقوى القص عن المساحة المستنتجة من المعادلة التالية:

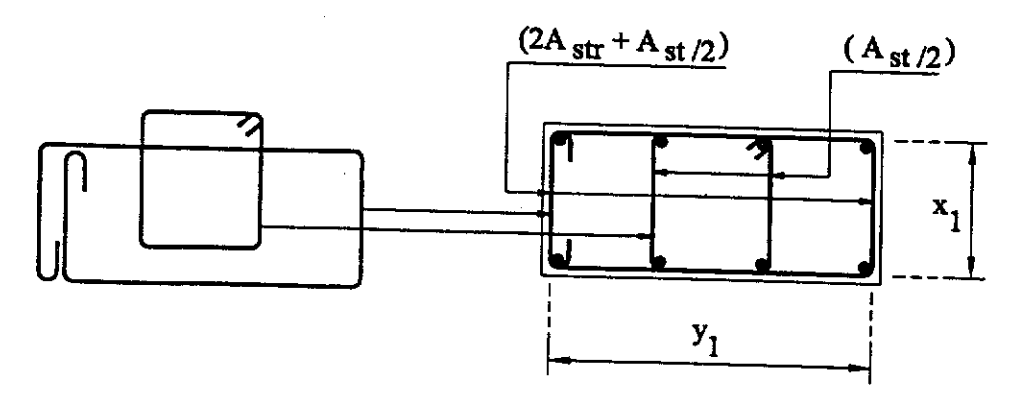
$$\left(2A_{str} + A_{st}\right) \geq 0.35 \frac{(s.b)}{\left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}52)$$

حيث f_{yst} بوحدات ن/مم٢

- يجب ألا تزيد المسافة s بين الكانات على $\frac{p_h}{8}$ أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر حيث p_h هى طول محيط صلب التسليح العرضى المستخدم لمقاومة عزوم اللى.

- فى حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين ، يجب اعتبار الكانة الخارجية ذات الفرعين فقط فى مقاومة اللى كما فى شكل (٤-١٣).

فى القطاعات الصندوقية يسمح باستخدام التسليح العرضى والطولى على المحيط الداخلى والخارجى للقطاع لمقاومة عزوم اللى طالما أن سمك الحائط t_w أقل من أو يساوى سدس عرض القطاع، أما إذا زاد سمك الحائط على سدس عرض القطاع فيقاوم عزم اللى بالتسليح على المحيط الخارجى فقط .



شكل (٤-١٣) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللى وقوى القص (كانات أكثر من فرعين)

جـ- تسليح طولى إضافى A_{sl} لمقاومة اللى

تحدد مساحة التسليح الطولى الإضافى من:

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (4\text{-}53\text{-}a)$$

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولى عن:

$$A_{slmin} = \frac{0.46\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\,A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right)p_h\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (4\text{-}53\text{-}b)$$

حيث A_{cp} المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات و f_{cu} ، f_y ، f_{yst} بوحدات ن/مم٢.

وألا تقل قيمة $\frac{A_{str}}{s}$ عن $\frac{1}{6}\frac{b}{f_{yst}}$

ويوزع التسليح الطولى على المحيط داخل الكانة الخارجية المقفلة مع مراعاة ما يلى:

- يجب ألا يقل قطر الأسياخ المستعملة فى التسليح الطولى عن المسافة بين الكانات مقسومة على ١٥ أو قطر ١٢ مم أيهما أكبر.

- يُوزع التسليح الطولى الإضافى بانتظام داخل محيط الكانات الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم.
- يجب وضع سيخ طولى فى كل ركن من أركان القطاع.
- يُضاف التسليح الطولى الناتج عن عزوم اللى إلى التسليح الطولى الناتج عن عزوم الانحناء.

د - يجب أن يمتد التسليح العرضى والطولى اللازم لمقاومة عزوم اللى مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر قطاع من بحر الكمرة تستوجب هذا التسليح.

٤-٢-٣-٦ إعادة توزيع عزوم اللى للمنشآت الغير محددة استاتيكياً

يجب أن تُصمم القطاعات وتُحسب كمية صلب التسليح كما سبق مع ملاحظة أن:

أ - فى المنشآت غير المحددة استاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها ضروريا للاتزان (Equilibrium torsion) لا يُسمح بإعادة توزيع العزوم.

ب - فى المنشآت غير المحددة استاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها غير ضرورى للاتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility torsion) يمكن تخفيض عزوم اللى القصوى إلى القيمة التالية:

$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (4\text{-}54)$$

حيث A_{cp} هى المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات إن وجدت و p_{cp} هو المحيط الخارجى للقطاع . وفى هذه الحالة يجب إعادة توزيع الانحناء وقوى القص فى البواكى المجاورة.

٤-٢-٣-٧ جساءة القطاع الخرسانى فى اللى

أ - يمكن حساب جساءة اللى لقطاع مستطيل باعتبار معاير جساءة القص G.C مساوياً ٠,٤٢ من قيمة معاير المرونة للخرسانة طبقاً للبند (٢-٣-٣-١) وباعتبار ثابت اللى C طبقا للمعادلة التالية:

$$C = \beta b^3 t \ \eta \qquad (4\text{-}55)$$

حيث:

η = 0.70 للقطاعات المستطيلة قبل التشرخ التى تكون فيها إجهادات القص الاعتبارية القصوى q_{tu} (ن / مم٢) الناتجة عن عزم اللى لا تتعدى $0.316 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$

η = 0.20 للقطاعات المستطيلة بعد التشرخ

β = معامل يعتمد على نسبة t/b المعطاة فى جدول (٤-٦)

جدول (٤-٦) قيم المعامل β لحساب جساءة القطاعات فى اللى

t / b	1	1.5	2	3	5	>5
β	0.14	0.20	0.23	0.26	0.29	0.33

ولحساب الجساءة لقطاع على شكل حرف L أو T أو صندوقى يمكن تقسيم القطاع إلى مستطيلات وحساب الجساءة كما سبق بشرط اتباع ما ذكر فى بند (٤-٢-٣-٢).

ب - فى الحالات التى تستدعى دقة فى الحسابات يتم تعيين جساءة القطاع باستخدام نظرية الجمالون الفراغى.

٤-٢-٤ حالة حد المقاومة القصوى للتحميل (الارتكاز)

Ultimate Bearing Strength Limit State

٤-٢-٤-١ الحد التصميمى الأقصى لمقاومة الارتكاز

يجب ألا يزيد الحد التصميمى الأقصى لمقاومة الارتكاز عن $0.67 A_1 \frac{f_{cu}}{\gamma_c}$

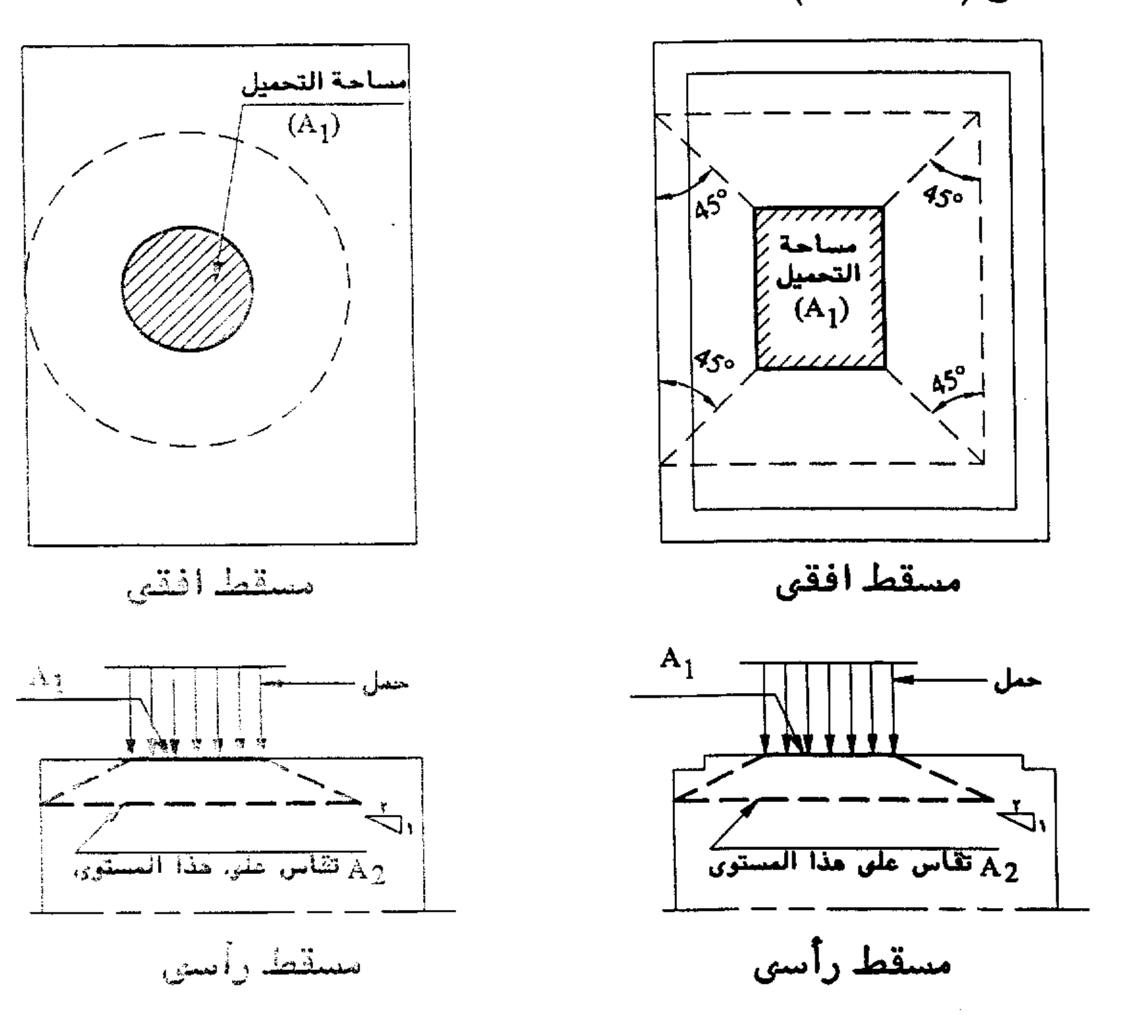
حيث : A_1 = مساحة سطح التحميل

ويستثنى من ذلك الحالات المذكورة فى البنود (٤-٢-٤-٢) ، (٤-٢-٤-٣).

٤-٢-٤-٢ عندما يكون السطح المقاوم للارتكاز أكبر من مسطح التحميل يكون الحد التصميمى الأقصى لمقاومة الارتكاز على مسطح التحميل مساوياً للقيمة المعطاة فى البند السابق (٤-٢-٤-١) مضروبة فى المعامل $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ على ألا يزيد هذا المعامل عن اثنين.

حيث A_2 = أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A_1 (شكل ٤-١٤). ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة فى البند (٤-٢-٢).

٤-٢-٤-٣ عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط محصور داخل الشكل الهرمى الناقص والذى يمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية ١ رأسى إلى ٢ أفقى (شكل ٤-١٤).



شكل (٤-١٤) تحديد المساحة A_2 فى مناطق الارتكاز ذات الميول الجانبية

٤-٢-٥ التماسك وطول الرباط ووصل صلب التسليح

Bond, Development Length and Splices

٤-٢-٥-١ طول التماسك Development Length

أ - يجب أن يمتد صلب التسليح على جانبي أى مقطع بطول تماسك يتناسب مع قوة الشد أو الضغط فى السيخ عند هذا المقطع.

ب - يُحسب طول التماسك L_d اللازم لمنع انفصال الخرسانة عن أسياخ التسليح المعرضة لإجهاد شد أو ضغط يساوى f_y / γ_s من المعادلة التالية:

$$L_d = \frac{\phi.\alpha.\beta.\eta.\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)}{4\, f_{bu}} \tag{4-56}$$

وذلك مقاساً من المقاطع الحرجة التى يحدث عندها أقصى إجهاد شد أو ضغط فى الأسياخ وكذلك التى تنتهى أو تكسح عندها الأسياخ ، حيث:

ϕ = القطر الأسمى للسيخ

η = ١,٣٠ لأسياخ صلب التسليح العلوية التى يزيد سمك الخرسانة المصبوبة أسفلها على ٣٠٠ مم

η = ١,٠٠ لجميع الحالات الأخرى لصلب التسليح

f_{bu} = إجهاد التماسك الحدى للخرسانة مع صلب التسليح ، ويحدد من العلاقة التالية:

$$f_{bu} = 0.30\ \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \tag{4-57}$$

α = معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ (بجنش أو بدون جنش) ومعطى فى الجدول (٤-٧)

β = معامل التصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ (أملس أو ذو نتوءات) ومعطى فى الجدول (٤-٨)

جدول (٤-٧) قيم معامل التصحيح α

نوع التسليح	شكل طرف السيخ	المعامل α في الشد	المعامل α في الضغط
أسياخ التسليح	١ - مستقيم (L_d, ⌀)	1	1
	٢ - جنش على شكل U (⌀+D/2, D, L_d, ⌀)	0.75	1
	٣ - جنش على شكل ∟ (12 ⌀, ⌀ + D/2, D, L_d, ⌀)	0.75	1
	٤ - جنش على شكل ∠ (10⌀, 150°, D, L_d, ⌀)	0.75	1
الشبك الملحوم	١ - أسياخ مستقيمة ولايوجد سيخ عرضى واحد فى الطول L_d	1	1
	٢ - أسياخ مستقيمة ويوجد سيخ عرضى واحد فى الطول L_d	0.70	0.70
	٢ - أسياخ مستقيمة ويوجد سيخان عرضيان فى الطول L_d	0.50	0.50

$D = 4\phi$ for steel 240 / 350

$D = 6\phi$ (or φ) for 25 mm $\geq \phi$ (or φ) > 6 mm } for high grade steel

$D = 8\phi$ (or φ) for ϕ (or φ) > 25 mm } for high grade steel

جدول (٤-٨) قيم معامل التصحيح β

حالة سيخ التسليح	فى الشد	فى الضغط
سيخ أملس	1.00	0.70
سيخ ذو نتوءات	0.75	0.50
سيخ ذو نتوءات فى حزمة مؤلفة من سيخين	1.10	0.75
سيخ ذو نتوءات فى حزمة مؤلفة من ثلاثة أسياخ	1.20	0.80

جـ- يجوز أخذ طول التماسك من الجدول (٤-٩) مع مراعاة قيم η وذلك للخرسانة ذات مقاومة مميزة f_{cu} لا تقل عن ٢٠ ن/ مم^٢.

د - يجب أن لا يقل طول تماسك أسياخ الصلب عند ٤٠٠ مم للأسياخ الملساء وعن ٣٠٠مم للأسياخ ذات النتوءات.

هـ - يجب مراعاة أن تكون المسافة بين الأسياخ والغطاء الخرسانى طبقا للباب الرابع والباب السابع.

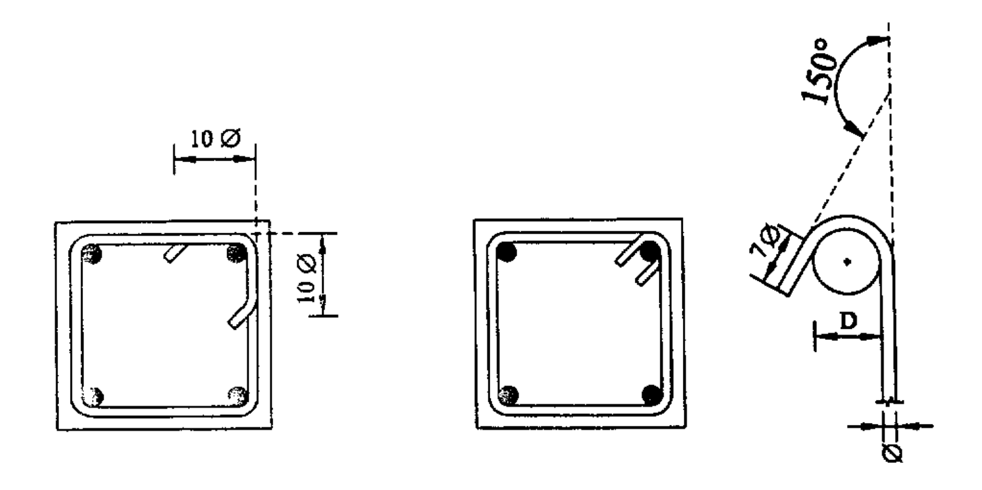
جدول (٤-٩) طول التماسك L_d مضاعف من قطر السيخ (η= 1.0)

نوع الصلب	شـد		ضغط للحالتين
	مستقيم	مجنش	مستقيم أو بجنش
أسياخ ملساء 240/350	—	40	40
أسياخ ملساء 280/450	50	40	40
أسياخ ذات نتوءات 360/520	60	45	40
أسياخ ذات نتوءات 400/600	60	45	40

٤-٢-٥-٢ تثبيت صلب تسليح القص

أ - يتم تثبيت الأسياخ المكسحة بطول يساوى طول التماسك فى الشد أو الضغط حسب موقع الجزء المستقيم بعد الجزء المائل للسيخ ويحسب من البند (٤-٢-٥-١- ب).

ب - توضع الكانات فى الكمرات بحيث تحيط بأسياخ صلب التسليح المشدودة كما تحيط بمنطقة الضغط وتربط الكانات فى منطقة الضغط كما هو مبين فى شكل (٤-١٥).



شكل (٤-١٥) طرق تثبيت الكانات فى الكمرات

٤-٢-٥-٣ توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم انحناء

Development of Flexural Reinforcement

أ - عند توقف أسياخ التسليح الطولى المعرضة للشد أو الضغط يجب أن تمتد الأسياخ لمسافة لا تقل عن $(L_d + 0.3d)$ مقاسة من المقطع الحرج الذى يحدث عنده أقصى إجهادات فى هذه الأسياخ. ويُشترط أن لا يقل طول الرباط – وهو المسافة بين نهاية الأسياخ والمقطع الذى يكون عنده هذه الأسياخ غير مطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء – عن d أو $(0.3d + 10\ \phi)$ أيهما أكبر (شكل ٤-١٦) مُقاسة من توزيع العزوم قبل الترحيل.

ب - يُفضل عدم توقف الأسياخ الطولية فى منطقة الشد ، أما فى حالة توقف أسياخ طولية عند مقطع ما فى منطقة الشد يجب التحقق من إحدى الشروط التالية:

١- أن يكون مقدار إجهاد القص الأقصى عند نقطة توقف الأسياخ لا تزيد على ثلثى مقاومة القص القصوى للقطاع شاملة مقاومة التسليح الجذعى.

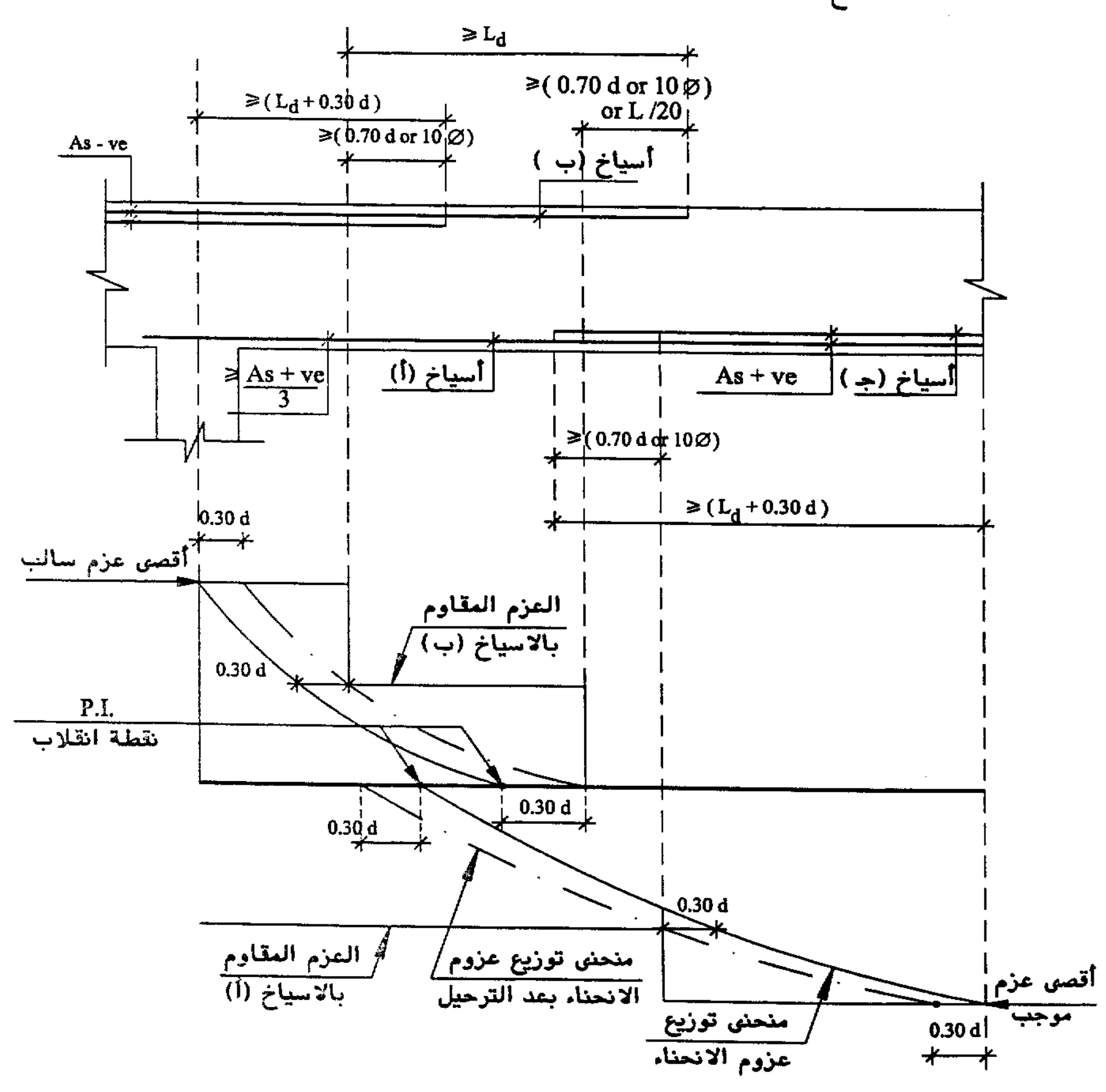
$$q_u \leq \frac{2}{3}(0.5\, q_{cu} + q_{su}) \qquad (4\text{-}58)$$

٢- مساحة الكانات عند المقطع الذى توقفت عنده الأسياخ الطولية أكبر من مساحة الكانات اللازمة لمقاومة القص واللى عند هذا المقطع بقيمة لا تقل عن $A_{st} = \frac{0.40\, b\, .\, s}{f_y}$

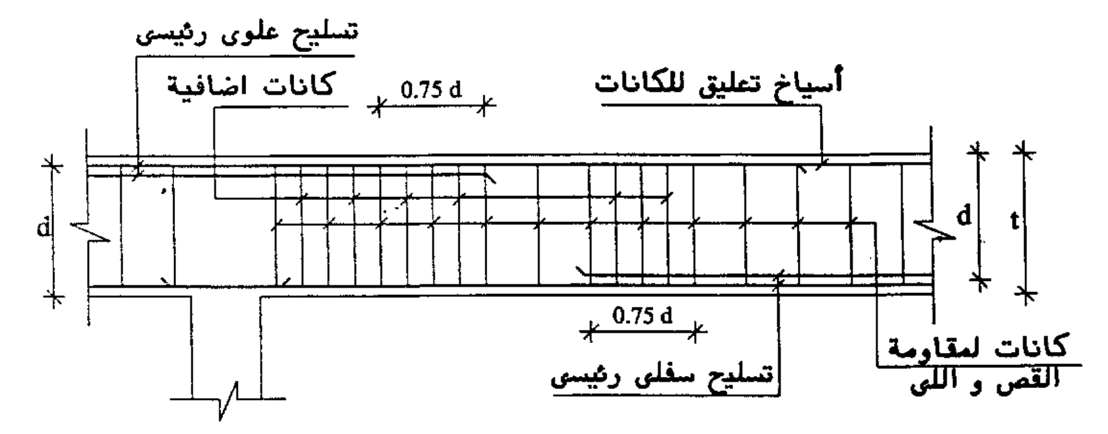
حيث f_y بوحدات ن/مم٢ بحيث توزع الكانات الإضافية على مسافة تساوى ٠,٧٥ عمق الكمرة من نقطة توقف الأسياخ وحتى نهايتها فى اتجاه السيخ المتوقف (شكل ٤-١٧) على ألا تزيد المسافة بين هذه الكانات على $\left(\frac{d}{8\beta}\right)$ حيث:

s = المسافة بين الكانات

β = النسبة بين مساحة صلب التسليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح المقطع



شكل (٤-١٦) توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم الانحناء



شكل (٤-١٧) توقف الأسياخ فى منطقة الشد

جـ - يجب أن يمتد ثلث التسليح المقاوم للعزوم الموجبة على الأقل فى العناصر بسيطة الارتكاز والعناصر المستمرة إلى داخل الركيزة. وفى الكمرات يجب أن لا تقل المسافة بين محور الركيزة ونهاية السيخ عن ١٥٠مم مع التحقق من الشروط اللازمة لضمان طول التثبيت اللازم طبقاً للبند (٤-٢-٥-٣-د).

د - عند الركائز البسيطة وعند نقط انعدام العزوم فى العناصر المستمرة يجب التحقق من أن أطوال التماسك للأسياخ عند القطاع المعطاة فى البند (٤-٢-٥-٢-ب) تحقق العلاقة التالية (شكل ٤-١٨):

$$\alpha\left(\frac{M_u}{Q_u}\right)+L_a \geq L_d + 0.3\,d \qquad (4\text{-}59)$$

حيث:

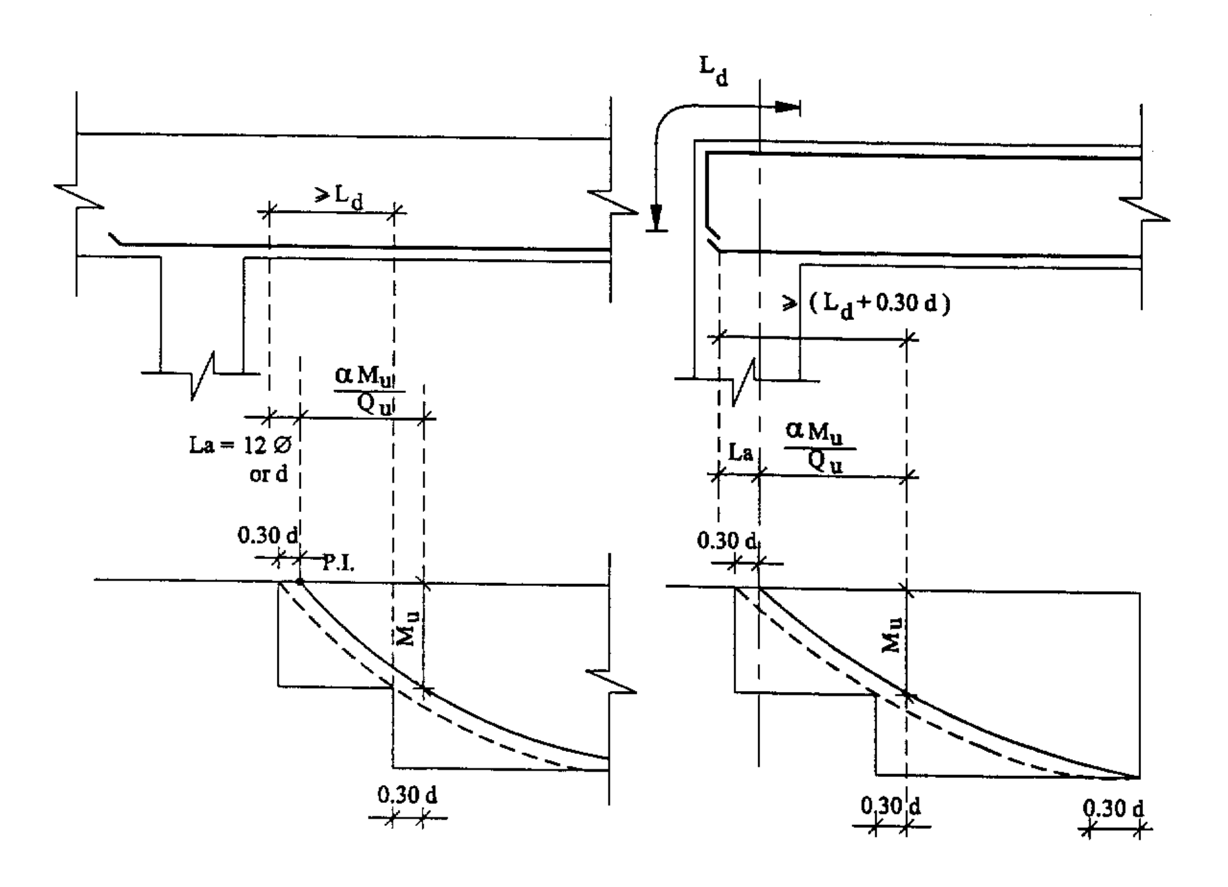
M_u = العزم الأقصى للقطاع المسلح بصلب تسليح مستمر داخل الارتكاز باعتبار أن الإجهادات فى صلب التسليح تساوى $\frac{f_y}{\gamma_s}$

Q_u = قوة القص القصوى عند القطاع المحسوب عنده M_u

L_a = طول استمرار السيخ بعد محور الركيزة الطرفية أو طول استمرار السيخ بعد نقطة انعدام العزوم (نقطة الانقلاب) (Point of inflection) و بحد أقصى تؤخذ قيمته فى هذه الحالة يساوى d أو 12 ϕ أيهما أكبر

α = ١,٣٠ فى حالة الأطراف بسيطة الارتكاز عندما يتولد نتيجة الأحمال إنضغاط عمودى على الحافة السفلى للكمرة

α = ١,٠٠ فى جميع الحالات الأخرى



شكل (٤-١٨) توقف الأسياخ عند نقط الانقلاب وعند الركائز البسيطة

هـ- يجب أن يستمر ثلث تسليح الشد المقاوم للعزوم السالبة إلى ما بعد نقطة انعدام هذه العزوم (.P.I) بمسافة طول رباط $(0.3d + 10\ \phi)$ أو $(0.3d + L/20)$ أو d أيها أكبر مقاساً من منحنى توزيع عزوم الانحناء (شكل ٤-١٦).

و - يجب أن يستمر كل التسليح المقاوم للعزوم السالبة داخل الركيزة الطرفية مسافة لا تقل عن الطول L_d مُقاسة من وجه الركيزة الداخلى.

ز - يراعى تطبيق الاشتراطات الخاصة بالمنشآت المعرضة لأحمال الزلازل بند (٦-٧) عند حساب أطوال توقف الأسياخ بها.

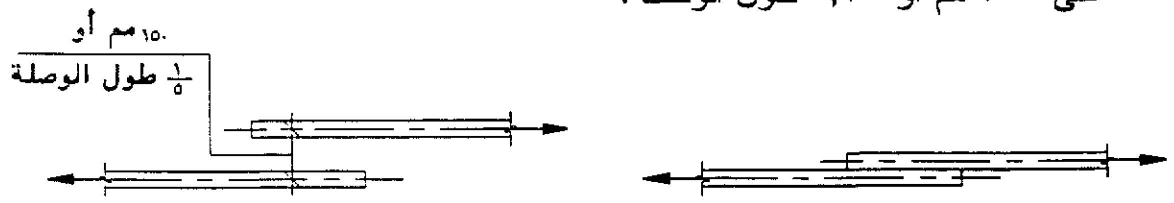
٤-٢-٥-٤ وصل أسياخ التسليح — Reinforcement Splices

٤-٢-٥-٤-١ يراعى تجنب وصل الأسياخ إلى أقصى حد ممكن ولا تُنفذ إلا طبقاً للرسومات التنفيذية المعتمدة أو تحت إشراف مهندس مسئول ، ويتم عملها عن طريق

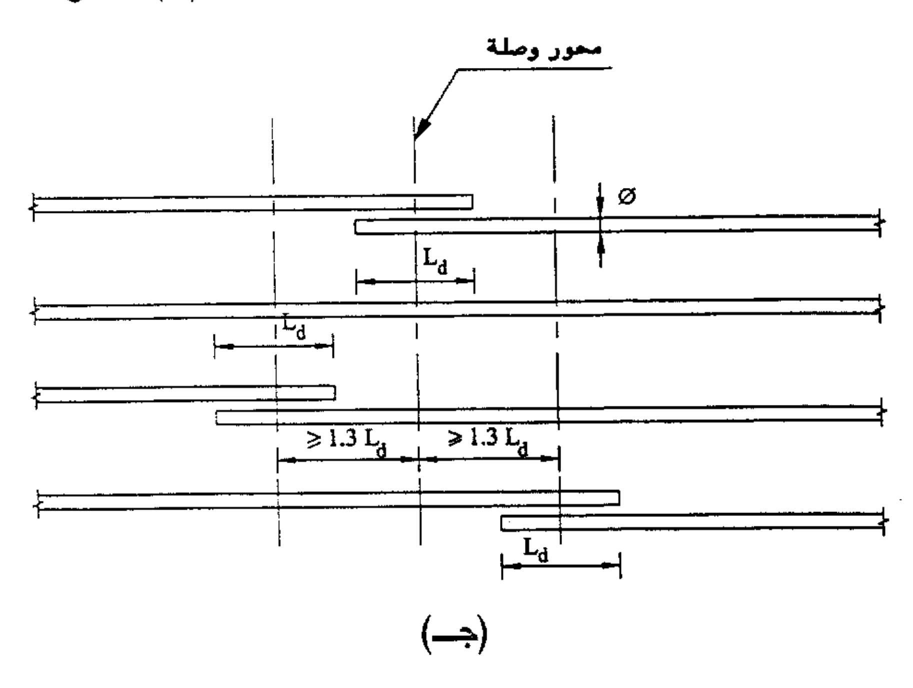
التراكب بين الأسياخ أو اللحام إذا كان مسموح به طبقا لنوعية الصلب أو الوصل الميكانيكى مع مراعاة عدم وصل الأسياخ فى مناطق الاجهادات القصوى.

٤-٢-٥-٤-٢ الوصلات بالتراكب Lap Splices

أ - يمكن أن تكون الأسياخ فى الوصلات بالتراكب متلامسة (شكل ٤-١٩-أ) أو غير متلامسة (شكل ٤-١٩-ب) بشرط ألا تزيد المسافة بين محورى أى سيخين موصولين على ١٥٠ مم أو ٠,٢٠ طول الوصلة.



(أ) أسياخ متلامسة (ب) أسياخ غير متلامسة



(جـ)

شكل (٤-١٩) الوصلات بالتراكب

ب - يجب أن تكون وصلات التراكب لصلب التسليح المشدود فى الانحناء بالتبادل على ألا تزيد مساحة الأسياخ الموصولة بالتراكب عند مقطع ما عن ٢٥% من مجموع مساحة الأسياخ عند هذا القطاع مع مراعاة ألا تقل المسافة بين محاور الوصلات بالتراكب عن ١,٣ طول

الوصلة كما فى شكل (٤-١٩-جـ). وكذلك يفضل أن تكون مساحة مقطع الأسياخ عند الوصلة ضعف المساحة المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء المؤثرة على القطاع المذكور مع مراعاة التفاصيل الواردة فى الشكل (٤-١٩-جـ).

جـ- يؤخذ طول وصلة التراكب للأسياخ المعرضة للشد أو الأسياخ المعرضة للضغط والتى تستوفى الشرطين أ ، ب السابقين مساوية لطول التماسك L_d ويستثنى من ذلك الحالة التى تكون فيها نسبة مساحة الأسياخ فى القطاع أقل من ضعف مساحة الأسياخ المطلوبة لمقاومة العزوم والقوى اللامركزية والمحسوبة طبقاً للبند (٤-٢-١)، فيؤخذ طول وصلة التراكب ١,٣ طول التماسك. وفى كلتا الحالتين يجب استيفاء الشرطين أ و ب السابقين.

د - لا يُفضل عمل وصلات بالتراكب فى العناصر المعرضة لشد محورى أو قوى شد لا محورية ينتج عنها إجهاد شد على كامل القطاع ، بل يفضل أن يكون وصل الأسياخ فى هذه العناصر بواسطة اللحام إذا كان ذلك مسموحاً به طبقاً لنوعية الصلب أو بواسطة الوصلات الميكانيكية.

هـ- لا يُسمح بعمل وصلات بالتراكب فى الأسياخ التى يزيد قطرها على ٣٢ مم وتوصل هذه الأقطار بواسطة اللحام أو الوصلات الميكانيكية.

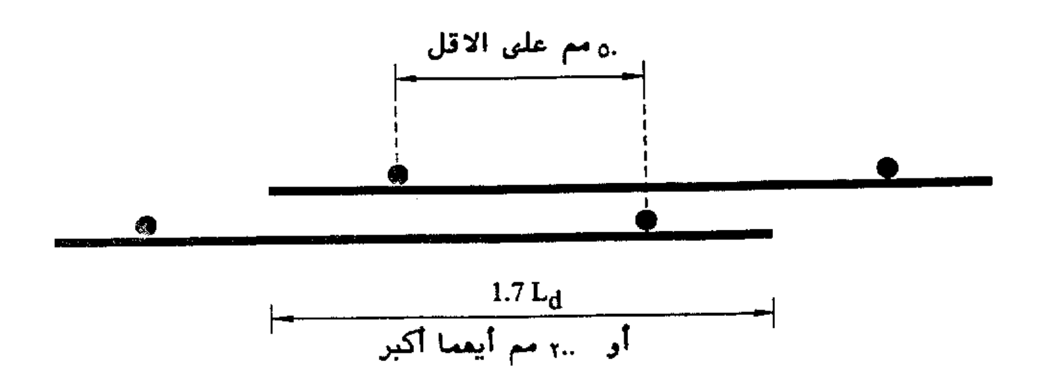
و - عند وصل أسياخ تسليح ذات أقطار مختلفة يحسب طول الوصلة على أساس القطر الأكبر.

ز - عند وصل أسياخ تكون حزمة من ثلاثة أسياخ يجب زيادة طول الوصلة (بند ٤-٢-٥-٤-٢-جـ) بمقدار ٢٠% على أنه يجب عدم التداخل بين وصلات الأسياخ التى تكون الحزمة.

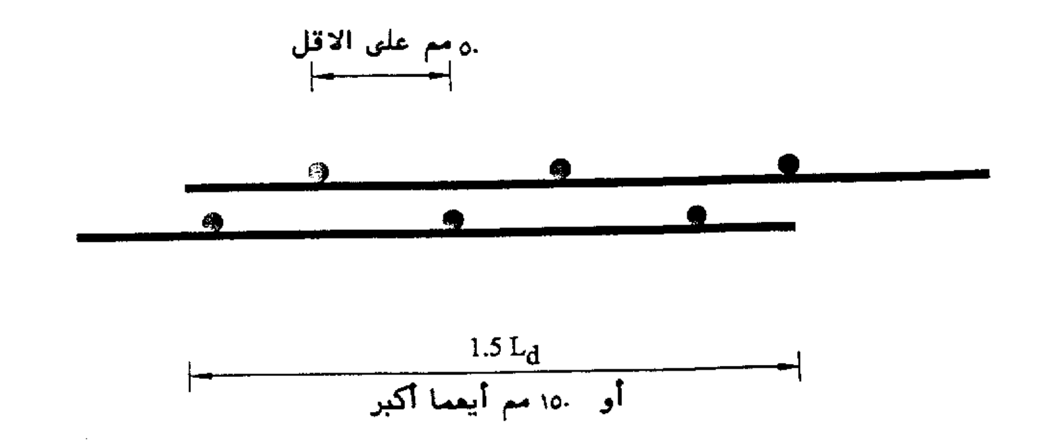
ح - عند وصل شبكات الأسياخ الملحومة المعرضة لإجهادات شد يجب أن لا يقل طول الوصلة عن القيم التالية:

١- للأسياخ ذات النتوءات يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٧طول التماسك بحيث لا تقل عن ٢٠٠ مم (شكل ٤-٢٠-أ).

٢- للأسياخ الملساء يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٥ طول التماسك أو ١٥٠مم أيهما أكبر (شكل ٤-٢٠- ب).



شكل (٤-٢٠-أ) الوصلات بالتراكب لشبك ذو نتوءات أو عضات



شكل (٤-٢٠-ب) الوصلات بالتراكب لشبك أملس

٤-٢-٥-٤-٣ الوصلات باللحام والوصلات الميكانيكية

Welded and Mechanical Connections

أ - يُسمح بوصل الأسياخ باللحام طبقاً للمواصفات القياسية للحام عند نقط التقابل لسيخين مع مراعاة أن يظل محوري السيخين الملحومين على استقامة واحدة.

ب - يجب أن يقاوم المقطع الملحوم وكذلك الوصلة الميكانيكية إجهاد شد أو ضغط لا يقل عن ١٢٥% إجهاد خضوع الأسياخ الموصولة.

جـ- فى حالة عدم استيفاء المقطع الملحوم والوصلة الميكانيكية الشرط الوارد فى البند (ب) السابق يمكن قبول الوصلة بشرط ألا تقل المسافة بين الوصلات عن ٦٠٠ مم، وعلى ألا يقل إجهاد مقاومة الوصلة فى الشد أو الضغط عن إجهاد الخضوع.

د - يُستعمل اللحام الكهربائي فقط فى عمل اللحام .

هـ- لا يُسمح باللحام فى حدود مسافة أقل من ١٠٠ مم من نقطة بداية دوران أى سيخ وبشرط ألا يقل القطر الداخلى للدوران عن ١٢ مرة قطر السيخ.

و - لا يُسمح بوصل الأسياخ المعاملة على البارد باستعمال اللحام إلا بعد المعالجة الحرارية لمنطقة اللحام.

ز - لا يُسمح بوصل الأسياخ باللحام فى المنشآت المعرضة لأحمال ديناميكية مترددة.

ح - يجب أن تكون وصلات الأسياخ باللحام أو بالوصلات الميكانيكية لصلب التسليح المشدود بالتبادل على ألا تزيد مساحة الأسياخ الموصولة عند قطاع ما على ٢٥ % من المساحة الكلية للأسياخ عند هذا القطاع.

٤-٣ حالات حدود التشغيل Serviceability Limit States

يجب أن تكون الوحدات الإنشائية ذات جساءة كافية لمنع الترخيم والتشكلات التى تؤثر على مظهر وكفاءة المنشأ أو تحد من صلاحيته، أو تؤثر على العناصر غير الإنشائية كالأرضيات والقواطيع.

٤-٣-١ حالات حدود التشكل والترخيم (سهم الانحناء)

Deformation and Deflection Limit States

٤-٣-١-١ لايجوز أن تزيد قيم الترخيم (سهم الانحناء) فى العناصر المعرضة أساساً لعزوم انحناء للمنشآت العادية عن الحدود التالية:

أ - لا تزيد قيمة الترخيم (سهم الانحناء) تحت تأثير جميع الأحمال مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الحرارة والانكماش والزحف طبقا للبند (٤-٣-١-٦) على القيم التالية:

$$\frac{L}{250}$$ فى الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد (4 -60-a)

$$\frac{L'}{450}$$ فى الكوابيل (4-60-b)

حيث: L المسافة بين نقط الانقلاب

L' طول الكابولى

ب – لا يزيد الترخيم (سهم الانحناء) الناتج عن تنفيذ التشطيبات للأرضيات والقواطيع، مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الحرارة والانكماش والزحف طبقاً للبند (٤-٣-١-٦) دون الأحمال الحية عن الأصغر من:

$$\frac{L}{350} \quad (4-60-c)$$ أو ٢٠ مم فى الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد

$$\frac{L'}{600} \quad (4-60-d)$$ فى الكوابيل

٤-٣-١-٢ نسبة البحر الفعال إلى العمق الكلى

٤-٣-١-٢-أ- فى حالة الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد فى المبانى العادية وذات البحور أقل من ١٠ متر ، غالباً ما تكون نسب قيم الترخيم (سهم الانحناء) بالنسبة للبحور مقبولة فى القطاعات المعرضة لعزوم انحناء إذا لم تتعد نسبة البحر الفعال L إلى العمق الكلى t النسب المعطاة فى جدول (٤-١٠) حيث العمق ثابت ومستمر والحمل منتظم التوزيع.

جدول (٤-١٠) نسبة البحر الفعال إلى العمق الكلى (L / t)

للعناصر ذات البحور أقل من ١٠ متر ما لم يتم حساب الترخيم *

العنصر	بسيطة الارتكاز	مستمرة من ناحية واحدة	مستمرة من جانبين	الكابولى
البلاطات المصمتة	20	24	28	10
الكمرات والبلاطات ذات الأعصاب	16	18	21	8

* تسرى القيم الموضحة بهذا الجدول فى حالة استخدام صلب عالى المقاومة، أما فى حالة استخدام صلب طرى فيتم زيادة هذه القيم بمقدار ٢٥%.

كذلك لا تسرى القيم الموضحة فى الجدول المذكور فى الحالات الآتية:

أ - إذا لم يكن هناك جزء من الكمرة يعمل على شكل حرف T.

ب- إذا كانت الكمرات والبلاطات ذات الأعصاب حاملة لعناصر ممكن أن يحدث بها عيوب غير مقبولة نتيجة الترخيم.

٤-٣-١-٢-ب- فى حالة البحور التى تتجاوز عشرة أمتار ، أو فى حالة الأحمال الثقيلة أو غير المنتظمة ، أو المبانى غير العادية لا يجوز استخدام النسب المذكورة فى بند (٤-٣-١-٢-أ) ويجب التحقق من عدم تجاوز سهم الانحناء للقيم المسموح بها فى بند (٤-٣-١-١).

٤-٣-١-٢-جـ- بالنسبة للقطاعات على شكل حرف T تعدل القيم الموضحة بالبندين (٤-٣-١-٢-أ) و (٤-٣-١-٢-ب) بضربها فى المعاملات δ المستنتجة من الشكل (٤-٢١).

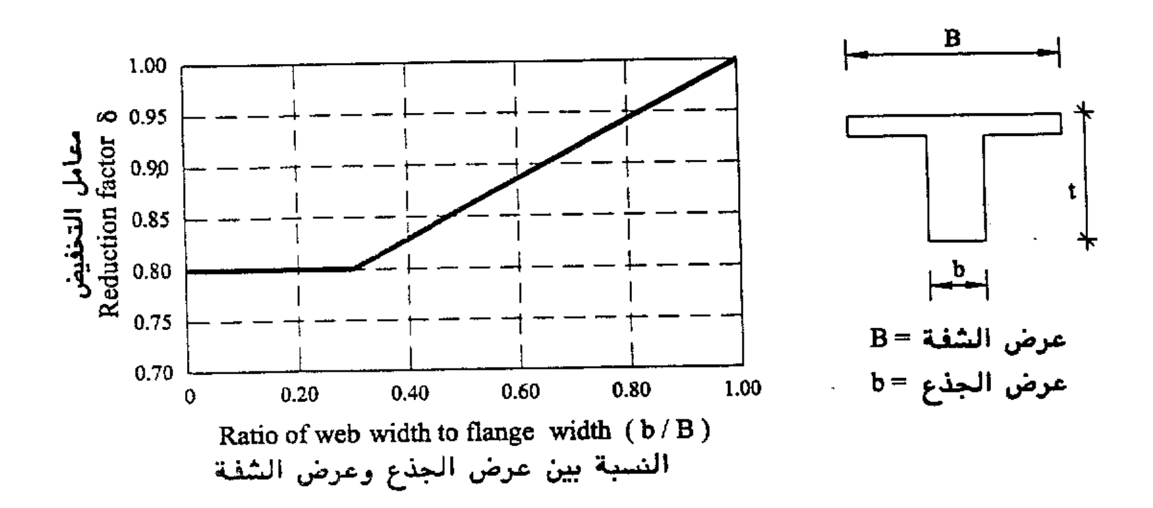
٤-٣-١-٢-د- فى حالة البلاطات ذات الاتجاهين والمرتكزة على كمرات جاسئة فى المبانى العادية ذات البحور أقل من ١٠ متر غالباً ما تكون نسبة الترخيم بالنسبة للبحور مقبولة فى القطاعات المعرضة لعزوم انحناء إذا لم يقل سمك القطاع عن ١٠ سم أو t أيهما أكبر.

حيث t تؤخذ من المعادلة التالية:

$$t = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \qquad (4\text{-}61)$$

وبشرط ألا يقل السمك الأدنى عن المعطى فى بند (٦-٢-٢-٣)

حيث L_n هو البحر الخالص الأكبر ، β هى نسبة البحر الفعال الأكبر إلى الأصغر و f_y بوحدات ن/مم٢.



شكل (٤-٢١) تعديل نسب L/t للقطاعات على شكل حرف T

٤-٣-١-٣ حساب التشكل والترخيم

يمكن حساب التشكل والترخيم (سهم الانحناء) على أساس الطرق المعروفة فى نظريات المرونة.مع اعتبار معاير المرونة طبقاً لما جاء فى البنـــد (٢-٣-٣-١) معادلة (٢-١).

٤-٣-١-٤ يؤخذ عزم القصور الذاتى الفعال للقطاع I_e لحساب سهم الانحناء للعناصر غير المستمرة من المعادلة:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \qquad (4\text{-}62)$$

حيث :

I_{cr} = عزم القصور الذاتى للقطاع الفعال المكافئ بعد التشريخ على ألا يزيد على I_g

I_g = عزم القصور الذاتى لكامل القطاع الخرسانى حول محور الخمول وبـــدون اعتبـــار تأثير الشروخ مع إهمال صلب التسليح

M_a = قيمة أكبر عزم للانحناء المعرض له العضو عند حساب الترخيم

M_{cr} = أقل عزم انحناء يسبب التشرخ فى الخرسانة ويؤخذ من المعادلة:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctr} \cdot I_g}{y_t} \qquad (4\text{-}63)$$

حيث :

y_t = المسافة من محور التعادل حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة فى القطاع مع عدم اعتبار تأثير الشروخ وصلب التسليح.

f_{ctr} = إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد وتؤخذ من المعادلة:

$$f_{ctr} = 0.6\sqrt{f_{cu}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}64)$$

حيث :

f_{cu} و f_{ctr} بوحدات ن/مم٢

٤-٣-١-٥ فى الأعضاء المستمرة يمكن اعتبار عزم القصور الذاتى الفعال فى حساب التشكل متوسط قيمتي هذا العزم فى مقطعي العضو المعرضين لأقصى عزمي الانحناء السالب والموجب.

٤-٣-١-٦ يسبب الزحف نتيجة للأحمال الدائمة ترخيماً إضافياً يزداد مع الزمن، وتتأثر قيمته القصوى بكمية تسليح الضغط فى القطاع . ويمكن حساب الترخيم الإضافي المتولد عن تأثير الزحف فى الاعتبار بضرب قيمة الترخيم اللحظي نتيجة للأحمال الدائمة والمحسوبة طبقاً للقواعد السابقة فى المعامل α الذى يؤخذ بقيمة ٢ فى القطاعات التى لا تحتوى على تسليح ضغط (Compression steel) وفى الحالات الأخرى تؤخذ قيمة α من العلاقة التالية:

$$\alpha = 2 - 1.2\left(\frac{A'_s}{A_s}\right) \geq 0.6 \qquad (4\text{-}65)$$

مع مراعاة ما جاء فى البند (٤-٢-١-٢-د).

٤-٣-٢ حالات حدود التشرخ — Limit States of Cracking

٤-٣-٢-١ لحماية العناصر الخرسانية من الشروخ المعيبة فى أسطح الشد التى تؤثر سلبياً على كفاءة ومقاومة العنصر للعوامل البيئية. يجب اختيار العوامل التى تؤثر على عرض الشروخ، وهى الغطاء الخرسانى وتوزيع ونوع وقطر وقيمة الإجهادات فى صلب التسليح المعرض للشد والتى تضمن استيفاء حالة حد التشرخ طبقاً لشروط هذا البند.

٤-٣-٢-٢ لاستيفاء حالة حد التشرخ يتم تقسيم عناصر المنشآت من ناحية درجة تعرض سطحها فى الشد عند قطاع ما إلى العوامل البيئية التى تؤثر سلبياً على متانة المنشأ إلى التقسيم المبين فى جدول (٤-١١).

جدول (٤-١١) تقسيم عناصر المنشآت حسب تعرض أسطح الشد بها للعوامل البيئية

القسم	درجه تعرض سطح الشد للعوامل البيئية
الأول	**العناصر ذات أسطح الشد بها محمية:** وهذه العناصر تشمل: أ - جميع العناصر الداخلية المحمية من المنشآت العادية كالمبانى. ب- العناصر المغمورة بصفة دائمة أسفل المياه التى لا تحتوى على مواد ضارة أو فى حالة جفاف دائم. جـ- الأسقف النهائية المعزولة جيداً ضد الرطوبة والأمطار.
الثانى	**العناصر ذات أسطح الشد بها غير محمية:** وهذه العناصر تشمل: أ- جميع المنشآت فى العراء مثل الكبارى والأسقف غير المعزولة عزلاً جيداً. ب- منشآت القسم الأول المجاورة للشواطئ. جـ- العناصر المعرضة أسطحها للرطوبة نظراً لعدم إمكان إبعادها عن تأثيرها مثل الصالات المفتوحة أو الجراجات.
الثالث	**العناصر ذات أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة :** وهذه العناصر تشمل: أ- العناصر المعرضة لنسبة رطوبة عالية. ب- العناصر المعرضة إلى حالات متكررة من التشبع بالرطوبة. جـ- خزانات المياه. د- المنشآت المعرضة لأبخرة وغازات ومواد كيماوية ذات تأثير غير شديد.
الرابع	**العناصر ذات أسطح الشد بها معرضة لعوامل ذات تأثيرات مؤكسدة وضارة تسبب صدأ الصلب :** وهذه العناصر تشمل: أ- العناصر المعرضة لعوامل ذات تأثير مؤكسد ضار يسبب صدأ الصلب بما فى ذلك الأبخرة والغازات التى تحتوى على كيماويات وغيرها. ب- الخزانات الأخرى والمجارى والمنشآت المعرضة لماء البحر.

٤-٣-٢-٣ أسس اختيار العوامل التى تؤثر على عرض الشروخ

يجب التأكد من استيفاء الشروط الواردة فى هذا البند عند تقييم حالة التشرخ فى السطح المعرض للشد من العنصر.

أ-١ عند تصميم العناصر الخرسانية المسلحة والتى يكون فيها الشرخ تقريباً عموديا على اتجاه صلب التسليح يجب استيفاء العلاقة التالية:

$$w_k = \beta . s_{rm} . \varepsilon_{sm} \qquad (4\text{-}66)$$

حيث:

$$s_{rm} = \left(50 + 0.25\, k_1\, k_2 \frac{\phi}{\rho_r}\right) \qquad mm$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{f_s}{E_s}\left(1 - \beta_1\, \beta_2 \left(\frac{f_{sr}}{f_s}\right)^2\right)$$

بشرط أن تكون قيم w_k أقل من أو تساوى القيم القصوى w_{kmax} المعطاة بالجدول (٤-١٢).

جدول (٤-١٢) قيم المعامل w_{kmax} مم

القسم	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
w_{kmax}	0.30	0.20	0.15	0.10

حيث:

ϕ = قطر السيخ المستعمل بالقطاع بوحدات مم وفى حالة استخدام أكثر من قطر فى القطاع يتم اعتبار المتوسط. وفى حالة الأسياخ المجمعة يؤخذ القطر المكافئ للحزمة طبقاً للبند (٧-٣-٤)

β = معامل يربط العلاقة بين المتوسط والقيمة التصميمية لعرض الشرخ ويؤخذ كما يلى:

١,٧٠ فى حالة الشروخ الناتجة عن الأحمال

١,٣٠ في حالة الشروخ الناتجة عن التقييد في القطاعات ذات عرض أو عمق (أيهما أصغر) أقل من أو يساوى من ٣٠٠ مم

١,٧٠ في حالة الشروخ الناتجة عن التقييد في القطاعات ذات عرض أو عمق (أيهما أصغر) أكبر من ٨٠٠ مم

ويمكن حساب قيمة β لأبعاد بين ٣٠٠ مم و ٨٠٠ مم للتقييد المسبب للشروخ بالتناسب الخطى طبقا للأبعاد الفعلية للقطاع.

β_1 = معامل يعكس تأثير خواص التماسك لصلب التسليح على الزيادة المتوسطة للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حول الصلب ويؤخذ يساوى ٠,٨ للأسياخ ذات العضات و ٠,٥ للأسياخ الملساء

β_2 = معامل يأخذ تأثير فترة التحميل على قيمة الزيادة المتوسطة للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حوله ويساوى ١,٠ للحمل ذو فترة زمنية قصيرة (Short term) و ٠,٥ للأحمال الثابتة الدائمة أو الأحمال ذات الدورات المتعددة

k_1 = معامل يعكس تأثير التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح في المسافة بين الشروخ ويساوى ٠,٨ للأسياخ ذات العضات و ١,٦ للأسياخ الملساء. وفى حالة التشكل نتيجة التقييد (Imposed deformation) تعدل قيمة k_1 إلى kk_1 وتؤخذ قيمة k كما يلى:

$k = 0.8$ في حالة إجهادات الشد الناتجة من التقييد عموماً وإذا كان القطاع مستطيل تؤخذ k كما يلى:

$k = 0.8$ في حالة قطاع مستطيل بارتفاع أقل من أو يساوى ٣٠٠مم

$k = 0.5$ في حالة قطاع مستطيل بارتفاع أكبر من أو يساوى ٨٠٠مم

ويمكن حساب قيمة k لأبعاد بين ٣٠٠ مم و ٨٠٠ مم بالتناسب الخطى طبقاً للأبعاد الفعلية للقطاع.

$k = 1.0$ في حالة إجهادات الشد الناتجة من التقييد للتشكل الخارجي

(Restraint of extrinsic deformations)

k_2 = معامل يعكس تأثير شكل توزيع الانفعالات في القطاع على المسافة بين الشروخ ويساوى ٠,٥ في حالة القطاع تحت تأثير عزم انحناء ويساوى ١,٠ في حالة قطاع تحت تأثير قوة شد محورية. وفى حالة تعرض القطاع لعزوم انحناء مصحوبة بقوى شد محورية تؤخذ k_2 من العلاقة التالية:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\,\varepsilon_1} \qquad (4\text{-}67)$$

حيث ε_1 و ε_2 هى انفعال الشد الأكبر والأصغر على التوالى وتحسب هذه الانفعالات على حدود القطاع لحالة التشرخ (Cracking stage)

ρ_r هى نسبة تسليح الشد الفعال وتساوى $\rho_r = \dfrac{A_s}{A_{cef}}$

A_s = مساحة صلب التسليح جهة الشد

A_{cef} = مساحة قطاع الخرسانة الفعال فى الشد (تحدد من الشكل ٤-٢٢) ويساوى عرض القطاع مضروبا فى العمق t_{cef} حيث قيمة t_{cef} تساوى مرتين ونصف المسافة من سطح الشد للقطاع إلى مركز صلب تسليح الشد وبحيث لا تزيد فى البلاطات عن $\dfrac{(t - c)}{3}$

حيث:

c = ارتفاع محور الخمول مقاسا من ناحية الضغط

t = سمك العنصر الخرسانى

f_s = الإجهاد فى صلب التسليح ناحية الشد فى القطاع بعد التشرخ والمحسوب على أساس قطاع مشرخ تحت تأثير أحمال التشغيل ن/مم^2. وبشرط ألا تزيد عن القيمة المعطاة فى جدول (١-٥)

f_{sr} = الإجهاد فى صلب التسليح ناحية الشد فى القطاع والمحسوب على أساس قطاع مُشروخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير الأحمال المسببة لأول حالة تشرخ

أ-٢ فى الحالات التى يتعرض فيها العنصر إلى إجهادات نتيجة تقييد تغير أبعاد المنشأ (Intrinsic imposed deformation) مثل التقييد ضد الانكماش يمكن أخذ f_s تساوى f_{sr}.

أ-٣ فى الحوائط المعرضة إلى انكماش نتيجة الحرارة المبكرة (Early thermal contraction) حيث أن الجزء السفلى من الحائط مقيد فى قاعدة الحائط التى تم صبها سابقاً فيسمح فى هذه الحالة باستبدال المقدار s_{rm} فى المعادلة (٤-٦٦) بقيمة تساوى ارتفاع الحائط بوحدات مم.

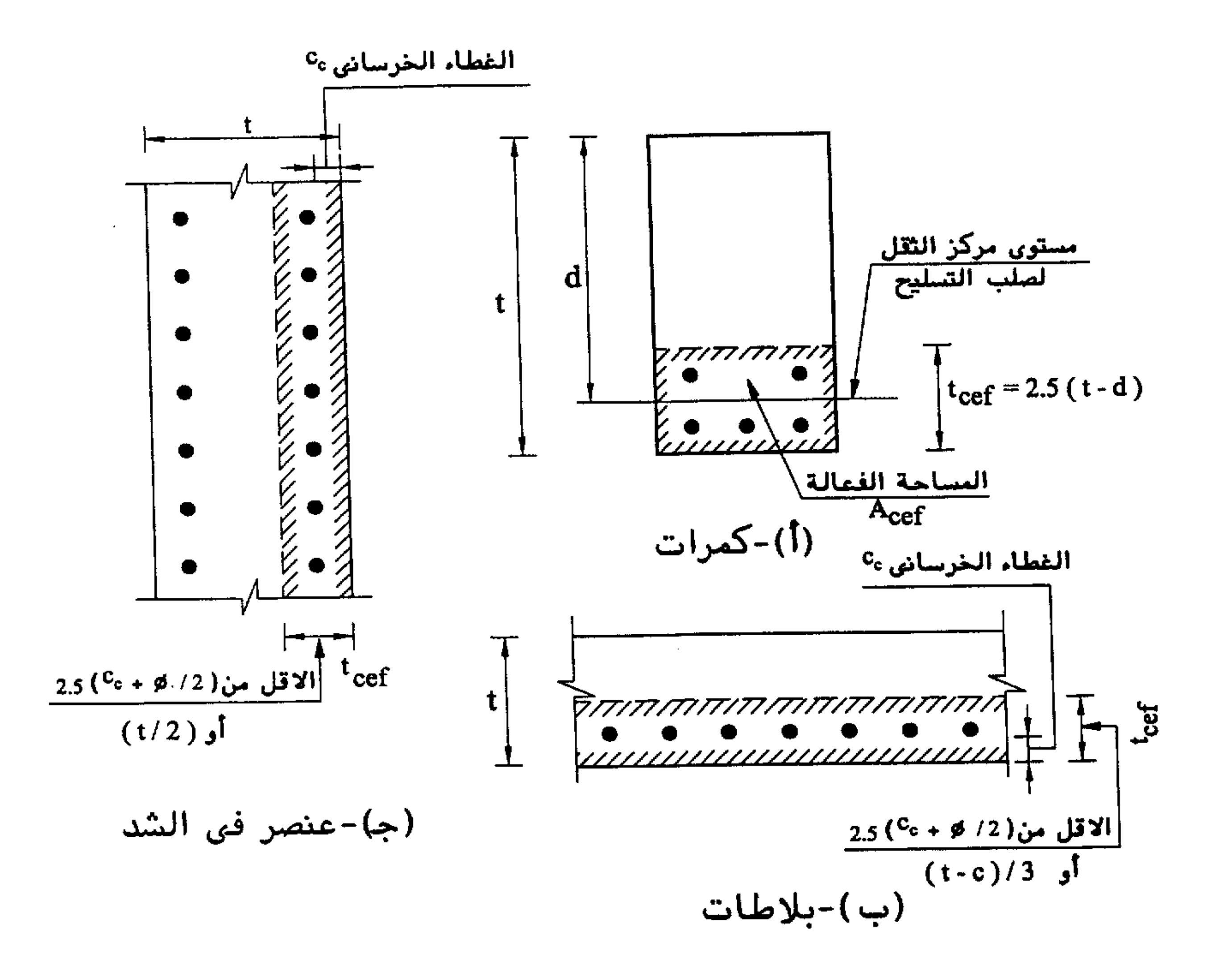
أ-٤ فى العناصر ذات صلب تسليح فى الاتجاهين x و y والتى يكون فيها ميل الشرخ بزاوية أكبر من ١٥° على إتجاه صلب التسليح يتم استيفاء المعادلة (٤-٦٦) باستبدال المقدار s_{rm} بالمقدار

$$\frac{1}{\frac{\cos\theta}{s_{rmx}} + \frac{\sin\theta}{s_{rmy}}}$$

حيث:

θ = زاوية الميل بين صلب التسليح فى اتجاه المحور x واتجاه إجهادات الشد الرئيسية

s_{rmx} و s_{rmy} = المقدار $\left(50 + 0.25\, k_1\, k_2\, \frac{\phi}{\rho_r}\right)$ محسوبة فى الاتجاه x , y على التوالى



شكل (٤-٢٢) مساحة قطاع الخرسانة الفعال فى الشد

ب - يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لتسليح الشد فى القطاع فى جميع الحالات عن القيم المعطاة فى الجدول (٤-١٣) وبحيث لا يقل عن قطر أكبر سيخ مستعمل فى التسليح، ويجب مراعاة زيادة سمك الغطاء الخرسانى للتسليح فى الحالات المنصوص عليها فى البند (٩-٧).

جدول (٤-١٣) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرسانى

قسم تعرض سطح الشد	سمك الغطاء الخرسانى * (مم) عام لجميع العناصر عدا الحوائط والبلاطات المصمتة $f_{cu}^{**} \le 25$	سمك الغطاء الخرسانى * (مم) عام لجميع العناصر عدا الحوائط والبلاطات المصمتة $f_{cu}^{**} > 25$	سمك الغطاء الخرسانى * (مم) للحوائط والبلاطات المصمتة $f_{cu}^{**} \le 25$	سمك الغطاء الخرسانى * (مم) للحوائط والبلاطات المصمتة $f_{cu}^{**} > 25$
الأول	25	20	20	20
الثانى	30	25	25	20
الثالث	35	30	30	25
الرابع	45	40	40	35

* يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى بأى حال عن قطر أكبر سيخ مستعمل فى التسليح .

** بوحدات ن/مم٢.

جـ- يجب استيفاء المسافات القصوى والدنيا لصلب التسليح طبقاً للبنود الواردة فى البابين السادس والسابع من هذا الكود.

د - يجب التأكد من إجهادات الشد فى الخرسانة لقطاعات منشآت القسمين الثالث والرابع وذلك للمنشآت المانعة لنفاذية السوائل المعرضة لأحمال التشغيل طبقاً لما هو وارد فى البند (٤-٣-٢-٧).

٤-٣-٢-٤ الحالات التى يمكن الاستغناء فيها عن إجراء حسابات حالة حد التشرخ فى سطح العنصر المعرض للشد

يمكن اعتبار أن اشتراطات حالة حد التشرخ (بند ٤-٣-٢-٣-أ) قد استوفيت إذا ما تم الوفاء بأي من الاشتراطات التالية:

أ - بالنسبة للمبانى العادية الواردة فى القسمين الأول والثانى والتى لا تزيد فيها الأحمال الحية على ٥ كيلونيوتن/م٢ للحالتين التاليتين:

١- للبلاطات المصمتة ذات سمك لا يزيد على ١٦٠ مم.

٢- للكمرات على شكل حرف T و L التى توجد بها الشفة ناحية الشد ، بشرط ألا تقل نسبة عرض شفة المقطع إلى عرض الجذع عن ٣.

ب - بالنسبة للعناصر المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بقوى ضغط محورية قيمتها تتعدى $0.2\ f_{cu}\ A_c$ عند مستوى أحمال التشغيل.

جـ- إذا كانت قيم إجهادات الشد فى صلب التسليح عند مستوى أحمال التشغيل للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو أحمال لا محورية أقل من أو تساوى القيم المعطاة فى الجدولين (٤-١٤) ، (٤-١٥) وذلك طبقاً لأقطار الأسياخ المستخدمة ونوعيات المنشآت من حيث تعرض سطح الشد فيها للعوامل البيئية ، وبشرط عدم زيادة نسبة صلب التسليح فى القطاع على القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ).

د - عند استخدام نظرية حالات الحدود يمكن اعتبار أن اشتراطات حالة التشرخ بالنسبة لإجهادات صلب التسليح (بند ٤-٣-٢-٣-أ) قد استوفيت إذا ما تم ضرب إجهادات الخضوع لصلب التسليح المستخدم f_y فى المعامل β_{cr} المعطى فى الجدولين (٤-١٤)، (٤-١٥) حسب أقطار الأسياخ المستخدمة ونوعيات المنشأ من حيث نوعية تعرض سطح الشد بها ، وذلك عند تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لا محورية طبقاً للبند (٤-٢-١)، وبشرط عدم زيادة نسبة صلب التسليح فى المقطع على القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ) لنوعيات الصلب المختلفة على أن تؤخذ قيم $\gamma_s = 1.15$, $\gamma_c = 1.5$.

هـ- يجب استيفاء ما ورد بالنسبة لإجهادات الشد فى الخرسانة الواردة فى البند (٤-٣-٢-٦) وذلك بالنسبة لمنشآت القسمين الثالث والرابع فى أسطحه المعرضة للعوامل المذكورة فى الجدول (٤-١١).

٤-٣-٢-٥ فى جميع القطاعات المعرضة إلى قوى شد محورية أو قوى شد لا محورية ينتج عنها إجهادات شد على كامل المقطع ، يجب إجراء حسابات حد التشرخ بالنسبة لإجهادات صلب التسليح طبقاً للبند (٤-٣-٢-٣-أ) وكذلك عند استخدام شبك صلب ملحوم أملس.

جدول (٤-١٤) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التى تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب الأملس

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم٢	β_{cr}	أسطح شد القسم الأول	أسطح شد القسم الثانى	أسطح شد القسمين الثالث والرابع
		قطر السيخ مم	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم
140	1.00	25	18	12
120	0.84	28	20	18
100	0.69	—	—	28

جدول (٤-١٥) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التى تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب عالى المقاومة ذى النتوءات

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم٢	β_{cr}		أسطح شد القسم الأول	أسطح شد القسم الثانى	أسطح شد القسمين الثالث والرابع
	صلب 360/520	صلب 400/600	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم
220	1.00	0.92	18	12	8
200	0.93	0.83	22	16	10
180	0.85	0.75	25	20	12
160	0.75	0.67	32	22	18
140	0.65	0.58	—	25	22
120	0.56	0.50	—	—	28

٤-٣-٢-٦ لعناصر منشآت القسمين الثالث والرابع والتى يشترط لها أن تكون مانعة لنفاذية السوائل ، يجب التأكد من أن إجهادات الشد فى القطاعات المحسوبة طبقاً للبند (٤-٣-٢-٧) لا تتعدى القيم المعطاة فى المعادلة (٤-٦٩).

٤-٣-٢-٧ إجهادات الشد فى القطاعات الخرسانية

أ - عند حساب إجهادات الشد فى الخرسانة يعتبر القطاع بكامل مساحته فعالاً بالنسبة للخرسانة تحت تأثير أحمال التشغيل وعند أخذ صلب التسليح فى الاعتبار تؤخذ نسبة معاير مرونة الصلب إلى معاير مرونة الخرسانة كالتالى:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10 \qquad (4\text{-}68)$$

ب - يتم حساب إجهادات الشد f_{ct} فى القطاع من المعادلة التالية:

$$f_{ct} = \left[f_{ct(N)} + f_{ct(M)}\right] \leq \frac{f_{ctr}}{\eta} \qquad (4\text{-}69)$$

حيث:

f_{ctr} = إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد والمعطاة من المعادلة (٤-٦٤)

$f_{ct(N)}$ = إجهاد الشد الناتج عن قوى شد محورية ، وتؤخذ هذه القيمة سالبة فى حالة ما إذا كانت الإجهادات ضغط

$f_{ct(M)}$ = إجهادات الشد الناتجة عن عزم الانحناء

η = معامل يتم تحديده من جدول (٤-١٦) طبقاً للسمك الافتراضي للقطاع t_v المعطى من المعادلة التالية:

$$t_v = t\left[1 + \left(\frac{f_{ct(N)}}{f_{ct(M)}}\right)\right] \qquad (4\text{-}70)$$

حيث t هو سمك القطاع

جدول (٤-١٦) قيم المعامل η

السمك الافتراضي للقطاع t_v (مم)		المعامل η
أقل من أو يساوى	100	1.00
	200	1.30
	400	1.60
أكبر من أو يساوى	600	1.70

جـ - يُفضل فى حالة القطاعات على شكل حرف T أو L أن يؤخذ عرض الشفة الفعال يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

د - فى المنشآت التى يشترط أن تكون مانعة لنفاذية السوائل يتم التأكد من إجهادات الشد فى القطاع بطريقة المرونة مع الأخذ فى الاعتبار إجهادات التشغيل للصلب طبقاً للجدولين (٤-١٤) و(٤-١٥) وكحل مرادف يمكن حسابها بطريقة حالات الحدود مع إدخال قيمة β_{cr} الموجودة فى الجدولين المذكورين.

الباب الخامس

التصميم بطريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل)

Elastic Design Method (Working Stress Method)

٥-١ اعتبارات عامة

يتناول هذا الباب الأسس التي تعتمد في تصميم القطاعات الخرسانية المسلحة بطريقة المرونة نتيجة تأثير أحمال وأفعال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ). ولاستيفاء شروط الأمان عند استخدام طريقة المرونة يجب تحقيق ما يلي:

أ - ألا تتعدى قيم الاجهادات في كل من الخرسانة وصلب التسليح تحت تأثير أحمال التشغيل قيم الاجهادات المسموح بها طبقاً للجدول رقم (٥-١)، وذلك لقطاعات معرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية أو لقطاعات معرضة لقوى قص أو عزوم لي أو قوى قص مصحوبة بعزوم لي.

ب - أن يتم استيفاء الشروط الخاصة بحالات حدود التشكل والترخيم (بند ٤-٣-١) وحالات حد التشرخ (بند ٤-٣-٢)، وكذلك الشروط الواردة في البند (٦-٤) والخاصة بحالات حدود الاستقرار (الانبعاج) سواء بالنسبة لإجهادات الخرسانة أو الصلب.

جـ - يتم تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقاً لشروط البند (٥-٣)، ولقطاعات معرضة لقوى قص طبقاً للبند (٥-٤)، ولقطاعات معرضة لعزوم لي طبقاً للبند (٥-٥). ويتم تحديد مقاومة الارتكاز طبقاً لبند (٥-٦) والتحقق من التماسك طبقاً للبند (٤-٢-٥).

٥-٢ إجهادات التشغيل المسموح بها — Allowable Working Stresses

٥-٢-١ يبين الجدول (٥-١) الإجهادات المسموح بها لتشغيل الخرسانة وصلب التسليح لخرسانة تتراوح مقاومتها المميزة بعد ٢٨ يوماً بين ١٨ و ٣٠ ن/مم² ولنوعيات الصلب المختلفة مع ملاحظة ما جاء بالبنود (٥-١-أ ، ٥-١-ب).

جدول (٥-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (ن/مم^٢)			
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	18	20	25	30
الضغط المحوري ($e=e_{min}$)	f^{*}_{co}	4.5	5	6	7
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c^{**}	7.0	8.0	9.5	10.5
القص ***					
مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	0.7	0.8	0.9	0.9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	0.5	0.6	0.7	0.7
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا) ****	q_2	1.5	1.7	1.9	2.1
القص الثاقب	q_{cp}	0.7	0.8	0.9	1.0
الصلب الفولاذ *****					
1-صلب طري 240/350	f_s	140	140	140	140
2- صلب 280/450		160	160	160	160
3-صلب 360/520		200	200	200	200
4-صلب 400/600		220	220	220	220
5-الشبك الملحوم 450/520 أملس		160	160	160	160
ذو النتوءات أو ذو العضات		220	220	220	220

* هذه القيمة تمثل أكبر إجهاد ضغط محوري على القطاع عند مستوى أحمال التشغيل.

** هذه الإجهادات في حالة الكمرات والبلاطات التى سماكتها (تخانتها) تزيد على ٢٠٠ مم وتخفض الإجهادات المسموح بها تبعاً لسمك البلاطات عن القيم المعطاة بمقدار ١,٥ ، ٢,٠ ، ٢,٥ ، ٣,٠ ن/مم^٢ على التوالي للبلاطات ذات سمك ٢٠٠ ، ١٢٠ ، ١٠٠ ، ٨٠ مم.

*** مع مراعاة ما جاء ببنود (٥-٤) ، (٥-٥).

**** في حالة وجود قص مصحوب بعزوم لي تحدد q_2 بضرب القيم المعطاة في هذا الجدول لحالة القص أو اللي في المعاملات δ_{ti} و δ_{si} كما في المعادلات (٥-١٦) ، (٥-١٧).

حيث : δ_{ti} و δ_{si} معرفين كما في المعادلة (٤-٤٩) مع تعويض q ، q_t بدلاً من q_u ، q_{tu} على التوالي.

***** على أن تُخفض إجهادات الصلب لاستيفاء شروط حد التشرخ بند (٤-٣-٢) إذا دعت الظروف لذلك.

٥-٢-٢ إجهادات الضغط المسموح بها في حالة القطاعات المعرضة لضغط لا مركزي تحسب من العلاقه التالية:

$$\left(0.23 + 0.32\frac{e}{t}\right)f_{cu} \qquad \text{where} \quad \left(\frac{e}{t} \geq 0.05\right) \qquad (5\text{-}1)$$

بحيث ألا تتعدى اجهادات الضغط فى الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية f_c المعطاة بالجدول (٥-١).

٥-٢-٣ يتم حساب إجهادات الشد المسموح بها للخرسانة لتحقيق اشتراطات حدود التشرخ تحت أحمال التشغيل في المنشآت المعرض أسطحها في الشد من حيث التعرض البيئي للقسمين الثالث والرابع من جدول (٤-١١)، أو في أى أحوال أخرى تستدعي ذلك طبقاً لشروط البنود (٤-٣-٢-٦ ، ٧).

٥-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية

٥-٣-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة

يتم تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية باستخدام طريقة المرونة طبقاً للفروض والاعتبارات العامة التالية:

١- توزع الانفعالات على القطاع توزيعاً خطياً وبالتالي فإن الانفعالات في الصلب والخرسانة تتناسب مع بعدها عن محور الخمول، وذلك في كل العناصر عدا الكمرات العميقة فيكون توزيع الانفعالات لا خطياً.

٢- تسلك الخرسانة والصلب سلوك المواد المرنة في حدود أحمال التشغيل.

٣- تُهمل إجهادات الخرسانة في الشد عموماً حيث يقاوم صلب التسليح جميع إجهادات الشد.

٤- تؤخذ نسبة معاير مرونة الصلب E_s إلى معاير مرونة الخرسانة E_c كما يلي:

أ - عند تحديد الأبعاد وحساب الإجهادات:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 15 \qquad (5\text{-}2\text{-}a)$$

ب – عند حساب التشكل المرن (Elastic deformation) ، وعند تحديد القيم غير المحددة إستاتيكياً ، وكذلك عند تحديد قيم إجهاد الخرسانة فى الشد فى العناصر التي تتطلب تحديد الأبعاد الخرسانية للمقطع دون أن تتعدي إجهادات الشد في الخرسانة حداً معيناً دونْ تشرخ ناتج عن الشد (بند ٤-٣-٢-٦ ، ٧):

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10 \qquad (5-2-b)$$

ويُعتبر مقطع الخرسانة بأكمله فعالاً في هذه الحالات.

٥ – يجب استيفاء شروط حد التشرخ (بند ٤-٣-٢)عند تحديد قيم إجهادات التشغيل التصميمية للصلب المستخدم.

٦ – إذا ثبت بالاختبارات في معامل معتمدة أن إجهاد الخضوع f_y لأسياخ الصلب الطرى العادي المستديرة من صناعة معينة يزيد على ٢٨٠ ن/مم٢ ، فيؤخذ الإجهاد المسموح به هو $(\frac{f_y}{2})$ بحد أقصي ١٦٠ ن/مم٢.

٧ – في حالة استخدام أسياخ ملساء من الصلب عالى المقاومة لا يُسمح بإجهادات تزيد على ١٦٠ ن/مم٢.

٨ – لا يوصى باستعمال الصلب عالى المقاومة مع خرسانة تقل المقاومة المميزة لمكعباتها بعد ٢٨ يوماً عن ٢٠ ن/مم٢.

٩ – إذا كانت الإجهادات الناتجة عن تأثير الرياح أو الانكماش أو الزلازل أو تغير درجة الحرارة أو الاحتكاك في الركائز أو الهبوط غير المتساوي المحتمل لمنشأ ما ينتظر زيادتها على ١٥% من الإجهادات الناتجة عن الأحمال الرئيسية ، فيجب في هذه الحالة عند حساب المنشأ اعتبار هذه العوامل . ويمكن عندئذ زيادة الإجهادات المسموح بها في حدود ١٥ % لكل عامل منها وبحد أقصي مقداره ٢٥ % لكل هذه العوامل مجتمعة مع ملاحظة عدم جمع تأثيرات الزلازل مع الرياح.

١٠– في حالة المقاطع المستطيلة المعرضة لانحناء مزدوج يمكن زيادة أقصى إجهاد مسموح به في الضغط عند ركن المقطع المعرض لأقصي إجهاد ضغط بمقدار ١ ن/مم٢ وذلك عن القيم المبينة بالجدول (٥ –١).

٥-٣-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١ – تُصمم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة أو عزوم انحناء مزدوجة طبقاً للفروض الأساسية والاعتبارات العامة الواردة في البند (٥-٣-١) وبحيث ألا تتعدى إجهادات التشغيل في الخرسانة والصلب قيم إجهادات التشغيل المسموح بها طبقاً للجدول (٥-١)، ومع مراعاة ما ورد في البند (٥-٣-١-٥).

٢ – يجب ألا تقل نسبة صلب التسليح في القطاعات المعرضة لعزوم انحناء عن القيم المعطاة في البند (٤-٢-١-٢-ز).

٣ – يجب ألا تتعدى نسب صلب التسليح في القطاعات المستطيلة المزودة بصلب ناحية الشد فقط القيم المعطاة في جدول (٤-٢) فى بند (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك لنوعيات الصلب المختلفة.

٤ – لا يُسمح بإعادة توزيع العزوم في العناصر غير المحددة استاتيكياً بقيم تتعدى ±١٠% مع مراعاة كافة الشروط الواجب الوفاء بها لإمكان إعادة توزيع العزوم والمعطاة في البند (٤-٢-١-٢-جـ).

٥ – يمكن زيادة مقاومة القطاعات للعزوم عن القيم المذكورة في بند (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك باستخدام أسياخ ناحية الضغط، ويشترط عند ذلك الوفاء بما جاء في البند (٤-٢-١-٢-د).

٦ – بالنسبة للقطاعات على شكل T يراعي تخفيض قيم إجهادات الخرسانة المسموح بها والمعطاة في جدول (٥-١) إلى ثُلثي القيمة المذكورة على الأكثر.

٥-٣-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال محورية

١ – تُصمم القطاعات المعرضة للقوى اللامركزية طبقاً للفروض الأساسية الواردة في البند (٥-٣-١)، الإجهادات المسموح بها وفقاً للبند (٥-٢)، على أنه يمكن حساب القطاعات المعرضة للضغط اللامركزي وفق حالة حد المقاومة القصوى والمعطى في بند (٤-٢-١-٣) والقطاعات المعرضة للشد اللامركزي وفقاً لبند (٤-٢-١-٤).

٢ – بالنسبة للقطاعات الخرسانية المعرضة لقوى ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم انحناء بسيطة قيمتها أقل من ($P . e_{min}$) يجب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M}{P} = 0.05\,t \qquad (5\text{-}3)$$

أو ٢٠ مم أيهما أكبر ، وفي مثل هذه الحالات يمكن أخذ تأثير اللامركزية بطريقة تقريبية وحساب حمل الضغط المحوري المسموح به للقطاع عند مستوى أحمال التشغيل من المعادلات التالية:

في حالة أعمدة ذات كانات منفصلة:

$$P = f_{co}\,A_c + 0.44\,f_y\,A_{sc} \qquad (5\text{-}4\text{-}a)$$

في حالة أعمدة ذات كانات حلزونية مطابقة للوارد في بند (٦-٤-٧-ط ، ك ، ل) يكون أكبر حمل ضغط مسموح به للقطاع عند مستوى أحمال التشغيل هو الأقل من:

$$P = 1.14\,f_{co}\,A_c + 0.51\,f_y\,A_{sc} \qquad (5\text{-}4\text{-}b)$$

$$P = f_{co}\,A_k + 0.44\,f_y\,A_{sc} + 0.92\,f_{yp}\,V_{sp} \qquad (5\text{-}4\text{-}c)$$

وحيث الرموز A_c ، A_{sc} ، A_k ، V_{sp} و f_{yp} في المعادلة (٥-٤) مبين مصطلحاتها في البند (٤-٢-١-٣-جـ-٢) ، وبشرط ألا تقل حجم كانات التسليح الحلزوني إلى حجم قلب القطاع الخرساني المحدد بدائرة الكانة الحلزونية μ_{sp} عن القيمة المعطاة في المعادلة (٤-١٢).

٣- بالنسبة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة بالإضافة إلى حمل ضغط محوري قيمته لا تتجاوز قيمة P المحددة من المعادلة (٥-٥):

$$P \leq 0.26\,f_{cu}\,A_c \qquad (5\text{-}5)$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويُصمم القطاع لمقاومة العزوم فقط طبقاً للبند (٥-٣-٢).

٥-٤ القطاعات المعرضة لقوى القص

٥-٤-١ الكمرات

٥-٤-١-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في القص وفقاً للبند (٤-٢-٢-١-١).

٥-٤-١-٢ حساب إجهاد القص الافتراضي في الكمرات

فى حالة الكمرات والبلاطات ذات العمق الثابت يحسب إجهاد القص q من المعادلة:

$$q = \frac{Q}{b.d} \qquad (5\text{-}6)$$

حيث Q = قوة القص

b = عرض المقطع المستطيل أو عرض جذع المقطع على شكل T أو غيره

في حالة الكمرات متغيرة العمق تستبدل قوة القص Q بالقيمة Q_r طبقاً للمعادلة التالية:

$$Q_r = Q - \frac{(M.\tan\beta)}{d} \qquad (5\text{-}7)$$

حيث β هى زاوية ميل تغير العمق مُقاسة من محور الكمرة ولا تزيد القيمة $\tan\beta$ على ٠,٣٣ ويفترض في المعادلة (٥-٧) أن عمق القطاع يزيد مع زيادة عزم الانحناء وخلاف ذلك تُستبدل الإشارة السالبة في المعادلة (٥-٧) بإشارة موجبة

٥-٤-١-٣ يجب ألا تزيد قيمة q للعناصر المعرضة لقوى قص على قيم q_2 المعطاة فى الجدول (٥-١) ، مع مراعاة ما جاء في البند (٥-٥-٤) في حالة تعرض القطاع لقوى قص مصحوبة بعزم لي.

٥-٤-١-٤ يجب ألا تتعدى مقاومة الخرسانة لإجهاد القص قيم q_c المعطاة في الجدول (٥-١). وفي حالة تعرض القطاع إلى قوى قص مصحوبة بقوى شد ، فإنه يمكن اعتبار قيم q_c تساوي الصفر.

٥-٤-١-٥ إذا زادت قيمة إجهادات القص q على مقاومة الخرسانة q_c فإنه يجب استخدام تسليح جذعي من نوع أو أكثر من الأنواع الآتية وفقاً للبند (٥-٤-١-٧):

١ – كانات عمودية على محور العنصر.

٢ – كانات مائلة أو أسياخ مكسحة بزاوية لا تقل عن 30^{o} مع المحور مع كانات عمودية على مستوى المحور.

٥-٤-١-٦ تُقدر مقاومة التسليح الجذعي كما يلي:

$$q_s = q - 0.5\, q_c \qquad (5\text{-}8)$$

ويبين شكل (٤-٧) المناطق التي تتطلب تسليح جذعي مع مراعاة ما جاء بالبند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعي في المناطق الأخرى.

٥-٤-١-٧ حساب التسليح الجذعي

أ – إجهاد القص q_{st} الذي تقاومه الكانات العمودية على المحور يحسب من المعادلة:

$$q_{st} = \frac{A_{st} \cdot f_s}{s \cdot b} \qquad (5\text{-}9)$$

حيث:

A_{st} = مساحة مقطع فروع الكانات

s = المسافة بين الكانات

ب– في حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية α على محور العنصر يُحسب إجهاد القص q_{sb} الذي يقاوم بواسطتها من العلاقة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb} \cdot f_s \cdot (\sin\alpha + \cos\alpha)}{s \cdot b} \qquad (5\text{-}10)$$

حيث:

A_{sb} = مساحة مقطع الكانة أو الأسياخ المكسحة وحيث:

$$q_s = q_{st} + q_{sb} \quad (5\text{-}11)$$

وفي حالة ما إذا كانت الزاوية $\alpha = 45^o$ يمكن كتابة المعادلة (٥-١٠) في الصورة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb} \cdot f_s \cdot \sqrt{2}}{s \cdot b} \quad (5\text{-}12)$$

٥-٤-١-٨ متطلبات عامة في اختيار وترتيب التسليح الجذعى

يجب مراعاة كافة المتطلبات الخاصة بالنسب الدنيا وكذلك تفاصيل التسليح الجذعي المعطاة بالبند (٤-٢-٢-١-٦).

٥-٤-٢ البلاطات والقواعد Slabs and Footings

تُحسب إجهادات القص في البلاطات والقواعد كما يلى:

١ – مثل الكمرات سواء في الاتجاه الطولي أو العرضي كما هو وارد في البنود (٥-٤-١-٢) إلى (٥-٤-١-٤) ، مع مراعاة ألا تزيد قيمة إجهاد القص الاعتباري المحسوب من المعادلة (٥-٦) على نصف قيمة q_c المعطاة في جدول (٥-١).

٢ – تُحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٥-٤-٣).

٥-٤-٣ القص الثاقب Punching Shear

٥-٤-٣-١ يُعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب بجوار الأحمال المركزة في البلاطات والأساسات على بعد $d/2$ من محيط تأثير القوة المركزة (شكل ٤-٩).

٥-٤-٣-٢ يُحسب إجهاد القص الثاقب من العلاقة التالية:

$$q_p = \frac{Q_p}{b_o \cdot d} \quad (5\text{-}13)$$

حيث b_o هو طول محيط القطاع الحرج (شكل ٤-٩).

٥-٤-٣-٣ يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمرية إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٦-٧).

٥-٤-٣-٤ يُحدد سمك البلاطة أو القاعدة اللازمة لمقاومة القص الثاقب على أساس أن القص الثاقب يقاوم بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من أسياخ التسليح وبحيث تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من:

$$q_p = 2.5\left(\frac{\alpha . d}{b_o} + 0.2\right) q_{cp} \quad \le q_{cp} \qquad (5\text{-}14\text{-}a)$$

$$q_p = \left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right] q_{cp} \ \le \ q_{cp} \qquad (5\text{-}14\text{-}b)$$

حيث قيم q_{cp} طبقاً لما هو وارد في جدول (٥-١)، a و b هما البعدين الأصغر والأكبر لمسطح التحميل مستطيل الشكل . أما فى مسطحات التحميل الأخرى غير المستطيلة فيتم تحديد قيم a و b بعد أخذ مسطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودى على b من مسطح التحميل كما هو مبين فى شكل (٤-٩-ب) لقطاع تحميل على شكل حرف L بند (٤-٢-٢-٣-د). و α معامل يساوى ٤ للعمود الداخلى و ٣ للطرفى و٢ لعمود الركن.

٥-٥ القطاعات المعرضة لعزوم لي Torsion

٥-٥-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في اللي وفقاً للبند (٤-٢-٣-١).

٥-٥-٢ إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزوم اللي

أ – تُحسب إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم لي لقطاع مصمت من الخرسانة المسلحة من المعادلة التالية:

$$q_t = \frac{M_t}{(2 . A_o . t_e)} \qquad (5\text{-}15)$$

حيث t_e , A_o كما هو مُعرف في البند (٤-٢-٣-٢)

ب- إذا كان القطاع على شكل حرف T أو L فيمكن إهمال الجزء الفعال من البلاطة ومعاملة القطاع كقطاع مستطيل بتطبيق المعادلة السابقة (٥-١٥).

أما فى حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة فيجب اتباع ما هو مذكور في البند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-١١- ب).

جـ- فى حالة القطاع الصندوقى يعامل القطاع مثل ما هو مذكور فى البند (٤-٢-٣-٢-د).

٥-٥-٣ يُهمل تأثير عزم اللي في المقاطع المعرضة لعزم لي فى حالة ما إذا كان اجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم اللي أقل من $0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ حيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢.

٥-٥-٤ يجب ألا تزيد إجهادات القص الناتجة عن عزم لي لقطاع مسلح على قيمة q_2 المعطاة فى الجدول (٥-١) مع ضرورة تعديل هذه القيمة بضربها في المعامل δ_{ti} في حالة وجود عزم لي مصحوب بقوى قص ، كما يجب تعديل قيمة q_2 المعطاة فى الجدول (٥-١) بضربها فى المعامل δ_{si} فى حالة إجهاد القص الناتج عن قوى قص مصاحبة لعزم لى كما يلى:

$$q_{t2} = \delta_{ti} \cdot q_2 \tag{5-16}$$

$$q_{s2} = \delta_{si} \cdot q_2 \tag{5-17}$$

حيث δ_{si} و δ_{ti} تؤخذ من الجدول (٤-٤-أ) و (٤-٤-ب) للقطاعات المصمتة والصندوقية على التوالى مع استخدام q ، q_t بدلاً من q_u ، q_{tu} على التوالى.

٥-٥-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزم لي مصحوب بقوى قص.

إذا زادت قيمة إجهادات القص المحسوبة من البند (٥-٥-٢) عن $0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$

وبحيث لا تزيد على القيم فى البند (٥-٥-٤) ، فإنه يجب استخدام تسليح جذعي

وطولي لمقاومة عزوم اللى، كما يجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح نتيجة إجهاد عزوم الانحناء والقص طبقاً للجدول (٥-٢).

أ – مساحة التسليح العرضي اللازم لمقاومة اللي وهو عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة (شكل ٤-١٢) في القطاع كما يلي:

$$A_{str} = \frac{M_t \cdot s}{2 A_o \cdot f_s} \qquad (5\text{-}18\text{-}a)$$

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة السابقة إلي

$$A_{str} = \frac{M_t \cdot s}{1.7 (x_1 \cdot y_1) f_s} \qquad (5\text{-}18\text{-}b)$$

حيث A_{str} و s و x_1 و y_1 تم تعريفهم بالبند (٤-٢-٣-٥).

ويجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات المقاومة عزوم اللى وقوى القص عن ما هو معطى فى المعادلة (٤-٥٢) بند (٤-٢-٣-٥).

ب – وتُحسب مساحة التسليح الطولي الإضافى A_{sl} كما يلى:

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (5\text{-}19)$$

حيث p_h معرفة بالبند (٤-٢-٣-٢).

ويوزع هذا التسليح على المحيط داخل الكانة الخارجية المغلقة ويُشترط ألا تقل مساحة التسليح الطولى عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٤-٥٣).

جدول (٥-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_t \leq 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2	$q_t > 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2
$q \leq q_c$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q - q_c/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_t و$(q - q_c/2)$

مع مراعاة مايلي :

- يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على $\frac{p_h}{8}$ أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر.
- فى حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين، يجب اعتبار الكانات الخارجية ذات الفرعين فقط فى مقاومة اللى كما فى شكل (٤-١٣).
- يجب ألا يقل قطر الأسياخ المستعملة في التسليح الطولي عن المسافة بين الكانات مقسومة على ١٥ أو قطر ١٢ مم أيهما أكبر.
- يوزع التسليح الطولي الإضافي بانتظام على محيط الكانة المقفلة للقطاع ، وبحيث لا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم ، كما يجب وضع سيخ طولي في كل ركن.
- يُضاف التسليح الطولي الناتج عن عزوم اللى إلى التسليح الطولي الناتج عن عزوم الانحناء.
- يجب أن يمتد التسليح العرضي والطولي اللازم لمقاومة عزوم اللى مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر نقطة نظرية تستوجب هذا التسليح.
- لا يُسمح بإعادة توزيع عزوم اللى في المنشآت الخرسانية غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون فيها عزم اللى ضروريا للاتزان.

٥-٥-٦ تُحسب جساءة القطاع الخرسانى في اللى كما هو في بند (٤-٢-٣-٤-٧).

٥-٦ مقاومة التحميل (الارتكاز) Bearing Strength

٥-٦-١ مقاومة الارتكاز على المقطع يجب ألا تزيد على $0.30\ f_{cu}\ A_1$

حيث A_1 = مساحة سطح التحميل

٥-٦-٢ عندما يكون السطح المقاوم أكبر من مسطح التحميل تكون مقاومة الارتكاز للمقطع مساوية للقيمة المعطاة في البند (٥-٦-١) مضروبة في المعامل $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ على ألا يزيد هذا المعامل عن ٢ .

حيث A_2 = أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A_1 (شكل ٤-١٤) . ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة فى البند (٤-٢-٢).

٥-٦-٣ عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط محصور داخل الشكل الهرمى الناقص والذى يمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية ١ رأسى إلى ٢ أفقى (شكل ٤-١٤).

الباب السادس

التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية

٦-١ اعتبارات عامة

أ - يمكن استخدام أي طريقة من طرق التحليل الإنشائي تحقق اتزان المنشآت وتوافق الانفعالات.

ب - يجب تصميم الأجزاء المختلفة من المنشأ تحت اكبر قوى داخلية مختلفة الحدوث نتيجة للأحمال الدائمة وعند وضع الأحمال الحية في أسوأ الأوضاع.

جـ- يمكن حساب المباني العادية المعرضة لأحمال منتظمة باعتبار كل باكية كاملة التحميل ، أي دون اعتبار للتحميل الجزئي لأي بحر.

د - يُسمح بإهمال تأثير الاستمرار عند حساب ردود الفعل للبلاطات والكمرات التى تكاد تتساوى فيها البحور، والأحمال مع زيادة رد الفعل عند أول ارتكاز داخلي بمقدار ١٠% ، وقوى القص عند وجه أول ركيزة داخلية في البحور الطرفية بمقدار ٢٠%.

هـ- يجب أن يؤخذ في الاعتبار تأثير الاستمرار عند حساب ردود الفعل للكمرات على الأعمدة أو الروافد (Girders) إذا كانت البحور الكبرى لهذه الكمرات تتفاوت عن الصغرى بمقدار يزيد على ٢٠% من البحور الكبرى ويمكن فى هذه الحالة حساب ردود الأفعال لكل البواكى وهى محملة.

و - فى حالة البلاطات والكمرات ذات الكوابيل يحسب رد الفعل عند الركيزة الخارجية ، مع الأخذ في الاعتبار الزيادة الناتجة فى قيمته من تأثير عزم الكابولى.

ز - ليس من الضروري في المباني العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش في الحسابات الإستاتيكية فيما عدا المنشآت التي تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس تتجاوز ١٥% من الإجهادات المستخدمة في التصميم. ويجب ترتيب فواصل التمدد في المباني الطويلة لتقليل تأثير الحرارة والانكماش طبقا للبنود (٩-٥-٧) ، (٩-٥-٨).

ح - لا يؤخذ في الاعتبار تأثير الانفعالات طويلة الأجل على توزيع القوى الداخلية في المنشآت أو المباني العادية إلا في الحالات التي تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير ملموس.

٦-٢ البلاطات Slabs

يتضمن هذا الجزء أنواع البلاطات التالية:

١ – البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.
٢ – البلاطات المصمتة المستطيلة ذات الاتجاهين .
٣ – البلاطات ذات الأعصاب والبلاطات ذات القوالب المفرغة.
٤ – البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة.
٥ – البلاطات المسطحة(اللاكمرية).

٦-٢-١ البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد

تعريف البلاطات ذات الاتجاه الواحد:

١ – البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد هي البلاطات المحمولة في اتجاه واحد على ركيزتين على طول الطرفين المتقابلين وتكون الركائز إما حوائط أو كمرات .
٢ – البلاطات المصمتة المستطيلة المرتكزة على حوافها الأربع وطولها الفعال يساوى أو يزيد على ضعف عرضها الفعال ، تسرى عليها قواعد البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.
٣ – تُحسب البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد على أساس شرائح بعرض وحدة الطول في اتجاه البحر الفعال الأصغر بين الركيزتين المتقابلتين.

٦-٢-١-١ البحور

أ – يؤخذ البحر الفعال للبلاطات مساويا للبحر الخالص بين الركائز ، مضافا إليه سمك البلاطة أو ١,٠٥ البحر الخالص أيهما اكبر على ألا يزيد على المسافة بين محاور الركائز.
ب – البلاطات المستمرة التي تزيد عرض الركيزة لها على ٢٠% من البحر الخالص، يمكن اعتبارها كما لو كانت مثبتة كليا في الركائز ويحسب كل بحر على حده.
جـ – يؤخذ البحر الفعال للبلاطات الكابولية مساويا للقيمة الأصغر من:
– طول البلاطة الكابولية مقاساً من محور الركيزة في حالة كونها امتداداً لبلاطة داخلية.
– الطول الخالص للبلاطة الكابولية مضافاً إليه السمك الأكبر للبلاطة الكابولية.

٦-٢-١-٢ السمك الأدنى

١ – يُحدد السمك الأدنى للبلاطات بحيث لا يتجاوز حد الترخيم طبقاً للاشتراطات الواردة في البند (٤-٣) ، كما يجوز الاستغناء عن حساب الترخيم إذا كان سمك البلاطة في المباني العادية لا يقل عن القيم المعطاة في الجدول (٤-١٠).
٢ – يُشترط ألا يقل سمك البلاطات عن الآتى:

- للبلاطات بسيطة الارتكاز $t_{min} = \frac{L}{30}$
- للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة $t_{min} = \frac{L}{35}$
- للبلاطات المستمرة من ناحيتين $t_{min} = \frac{L}{40}$

حيث L البحر الفعال للبلاطة ذات الاتجاه الواحد.

٣ - يشترط ألا يقل سمك البلاطة في المباني العادية عن القيم التالية :
- بلاطات مصبوبة في موضعها ومعرضة لأحمال استاتيكية ٨٠ مم.
- بلاطات معرضة لأحمال ديناميكية أو لأحمال العربات ١٢٠ مم.

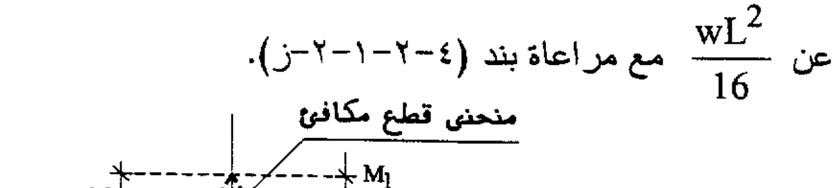
٤ - يمكن تقليل السمك عما سبق ذكره للبلاطات سابقة الصب.

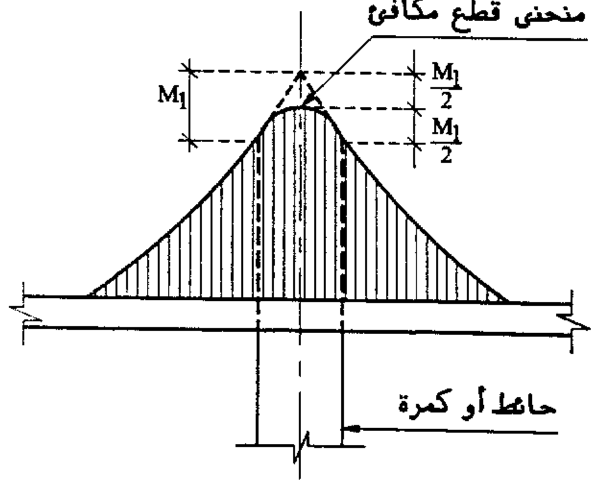
٦-٢-١-٣ عزوم الانحناء

١ - يمكن تحليل البلاطات المستمرة تبعاً لنظرية الكمرات المستمرة على ركائز جاسئة حرة الدوران بشرط أن تتوافر العناية الخاصة لضمان وضع صلب التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة في مكانه الصحيح أثناء الصب.

٢ - يمكن تخفيض عزوم الانحناء السالبة السابقة تبعاً لمنحنى قطع مكافئ كما هو مبين بالشكل (٦-١) حيث M_1 هو قيمة الفارق بين العزوم عند محور الركيزة والعزوم عند وجه الركيزة وذلك بالنسبة للبلاطات المرتكزة على حوائط أو كمرات مصبوبة ميليثياً.

٣ - يجب ألا تقل عزوم الانحناء الموجبة المأخوذة في الاعتبار عند تصميم البلاطات المستمرة عن $\frac{wL^2}{16}$ مع مراعاة بند (٤-٢-١-٢-ز).





شكل (٦-١) تخفيض عزوم الانحناء السالبة طبقا لمنحنى قطع مكافئ

٤ – يجب ألا تقل العزوم الحانية السالبة المأخوذة في الاعتبار عند الركائز الخارجية للبلاطات المثبتة في الحوائط من الطوب أو الحجر أو الخرسانة العادية والتي تثبت تثبيتاً جزئياً في البلاطات عن:

$$M = \frac{-w L^2}{16} \qquad (6\text{-}1)$$

وتُحسب العزوم الموجبة فى البواكى الخارجية مع إهمال التقييد الجزئي عند الأطراف.

٥ – يجب ألا تقل عزوم الانحناء السالبة المأخوذة في الاعتبار في التصميم عند الركائز الخارجية للبلاطات المصبوبة ميليثياً مع الكمرات الحاملة لها والتي تثبت تثبيتاً جزئياً عند طرف البلاطة عن:

$$M = \frac{-w L^2}{24} \qquad (6\text{-}2)$$

وتُحسب العزوم الموجبة فى البواكى الخارجية مع إهمال التثبيت الجزئي عند الأطراف.

٦ – تُعتبر البلاطات تامة التثبيت عند أطرافها عندما تربط هذه الأطراف بطريقة كافية مع أجزاء أخرى من المنشأ لها من الجساءة ما يمنع أي دوران لأطراف البلاطة تحت جميع حالات التحميل.

٧ – في الحالات التي تتساوى فيها الأحمال منتظمة التوزيع بحيث لا تزيد كثافة الأحمال الحية عن كثافة الأحمال الميتة $(p \le g)$ وتتساوى فيها البحور(أو لا يزيد الفرق بينها عن ٢٠% من البحر الأكبر) يمكن افتراض القيم القصوى التالية لعزوم الانحناء:

أ – للبلاطات ذات البحر الواحد، أقصى عزم انحناء موجب:

$$M = \frac{+w L^2}{8} \qquad (6\text{-}3\text{-}a)$$

ب – للبلاطات ذات البحرين المستمرين، أقصى عزم انحناء موجب:

$$M = \frac{+w L^2}{10} \qquad (6\text{-}3\text{-}b)$$

– عزم الانحناء السالب عند الركيزة الوسطى:

$$M = \frac{-w L^2}{8} \qquad (6\text{-}3\text{-}c)$$

جـ- للبلاطات المستمرة المكونة من أكثر من بحرين يكون عزم الانحناء:

$$M = \pm \frac{w L^2}{K} \qquad (6\text{-}3\text{-}d)$$

حيث تكون قيمة K كما هو مبين في شكل (٦-٢) وتؤخذ قيمة عزوم الانحناء السالبة فوق أى ركيزة مساوية للمتوسط الحسابى للعزوم السالبة المحسوبة للبحرين على جانبى هذه الركيزة .

قيم K

-24	+10	-10	+12	-12	+12	-12

شكل (٦-٢) عزوم الانحناء للبلاطات المستمرة

٨ - يجب حساب العزوم السالبة في منتصف البحور عند تعرض البلاطات المستمرة لأحمال حية ثقيلة ($p > 2g$) ، وفى الحالات التي يتم فيها صب البلاطات والكمرات ميليثياً (Monolithically) يُسمح بتخفيض العزوم السالبة في منتصف البحور الناتجة من الأحمال الحية فقط إلى نصف قيمتها، وذلك نتيجة لمقاومة الكمرات الحاملة للالتواء. وتؤخذ العزوم السالبة في منتصف البحور المتوسطة طبقاً للمعادلة (٦-٤).

$$M_{min} = \frac{\left(g - \left(\frac{p}{2}\right)\right) L^2}{24} \qquad (6\text{-}4)$$

٩ - في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود تستخدم g_u و p_u و w_u في العلاقات السابقة بدلا من g و p و w على التوالى.

٦-٢-١-٤ التسليح

١ - يجب ألا تقل نسبة التسليح في الاتجاه الرئيسي في حالة استعمال صلب التسليح الطري عن ٠,٢٥ % من مساحة المقطع الخرساني الفعلي وفى حالة استخدام صلب عالي المقاومة يتم

تخفيض هذه النسب بقيمة النسبة بين إجهادي الخضوع على ألا يقل عن ٠,١٥ % من مساحة المقطع الخرساني الفعلي.

٢ – يتم رص أسياخ التسليح بحيث تغطى كافة مناطق الشد ، وتمتد بعد نهايتها لمسافة تساوى الطول اللازم للرباط.

٣ – فى البلاطات المستمرة التي تتساوى أو تتقارب فيها أطوال البحور بفارق لا يزيد على ٢٠ % من البحر الأكبر، وتحت ظروف التحميل العادية يمكن أن يكسح نصف التسليح الرئيسي عند خمس البحر الخالص من وجه الركائز التي تستمر فوقها البلاطة ويمتد في البحر المجاور إلى مسافة تساوى ربع أكبر البحرين هذا إذا لم تكن الأسياخ قد رتبت تبعا لمنحنى عزوم الانحناء.

٤ – أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في منتصف البحر لا تتعدى ٢٠٠ مم.

٥ – يجب ألا تقل مساحة مقطع أسياخ التسليح السفلية والممتدة إلى الركائز عن ثلث مساحة مقطع التسليح الموجب المستعمل في منتصف البحر.

٦ – في حالة استعمال شبك التسليح فإنه يجب الالتزام بالشرط الوارد فى الفقرة السابقة.

٧ – يجب ألا تقل مساحة مقطع أسياخ التوزيع العمودية على التسليح الرئيسي عن خمس مساحة مقطع التسليح الرئيسي وأقل أسياخ توزيع يمكن استعمالها هى أربعة أسياخ في المتر.

٨ – أصغر قطر للأسياخ الرئيسية هو ٦ مم للأسياخ المستقيمة و٨ مم للأسياخ المكسحة ويمكن استعمال أسياخ ذات قطر أصغر في حالة استخدام الشبك أو في الوحدات سابقة الصب.

٩ – يجب وضع شبكة علوية في البلاطات ذات سمك أكبر من ١٦٠ مم لا تقل عن ٢٠% من التسليح الرئيسي في كل اتجاه وبحد أدنى ٥ϕ ٨/م للصلب العادي أو ٥ ϕ ٦/م للصلب عالي المقاومة.

٦–٢–١–٥ الركائز

يجب ألا يقل عرض ركيزة البلاطة عن سمكها، وبحد أدنى مقداره ١٠٠مم إلا في حالة استيفاء البند (٤–٢–٣–٦) فيما يختص بتوافق الانفعالات الناتجة من التواء الركيزة مع استثناء البلاطات سابقة الصب، وبصفة عامة يجب ألا يستخدم حائط من الطوب سمكه أقل من ١٥٠مم كركيزة للبلاطة الخرسانية.

٦-٢-٢ البلاطات المصمتة المستطيلة ذات الاتجاهين

٦-٢-٢-١ عام

١ - تُعتبر البلاطات المستطيلة المرتكزة على أطرافها الأربعة ذات اتجاهين إذا كان نسبة المستطيلية طبقاً للبند (٦-٢-٢-٤) تقل عن ٢.

٢ - يمكن حساب هذه البلاطات طبقاً لنظرية المرونة ، بشرط أن تتوافر الاحتياطات الكافية لضمان وضع صلب التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة في مكانه الصحيح أثناء الصب.

٣ - تُقتصر صلاحية طريقة التصميم التالية على المباني العادية ، أما بلاطات المنشآت الأخرى كالكباري أو خزانات السوائل أو المخازن ...الخ ، فتصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

٦-٢-٢-٢ البحور

يرجع إلى بند (٦-٢-١-١).

٦-٢-٢-٣ السمك الأدنى

- تؤخذ قيمة السمك الأدنى كما يلي:

$$t_{min} = \frac{a}{35} \qquad (6-5-a)$$
للبلاطات بسيطة الارتكاز.

$$t_{min} = \frac{a}{40} \qquad (6-5-b)$$
للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة.

$$t_{min} = \frac{a}{45} \qquad (6-5-c)$$
للبلاطات المستمرة من ناحيتين.

حيث a هى البحر القصير الفعال للبلاطة مع مراعاة ما جاء بالفقرتين ٣ ، ٤ بالبند (٦-٢-١-٢).

٦-٢-٢-٤ طريقة مبسطة لحساب العزوم الحانية في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

في الأحوال العادية يرجع إلى البند (٦-٢-٢-١ الفقرة ٢) ويمكن استخدام الطريقة المبسطة التالية في حساب العزوم الحانية للبلاطات المستطيلة المصبوبة ميليثيا (Monolithically) مع الكمرات والمحمولة على جوانبها الأربعة، بشرط ألا يتعدى البحر الفعال الطويل b ضعف البحر الفعال القصير a.

بفرض أن:

a = البحر الفعال القصير

b = البحر الفعال الطويل

m_a = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر a إلى طول البحر a

m_b = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر b إلى طول البحر b

وتحدد قيمة m_a و m_b طبقاً لنظرية المرونة، ويمكن أخذ القيم التقريبية التالية لكل من m_a و m_b كما يلي:

- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن m_a أو m_b = ٠,٨٧
- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمر من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ٠,٧٦
- أما إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار غير مستمر من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ١,٠٠

وعلى أساس الفروض المبينة أعلاه يمكن الحصول على درجة المستطيلية r للجزء المحصور بين خطوط الانقلاب في الباكية من المعادلة التالية:

$$r = \frac{m_b \cdot b}{m_a \cdot a} \qquad (6\text{-}6)$$

ويعطى جدول (٦-١) قيم المعاملات α و β التي تستعمل في حساب العزوم الحانية للبلاطات في الاتجاهين a و b على التوالي المناظرة لقيم r المختلفة وذلك فى حالة البلاطات المعرضة لأحمال حية لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن / م[٢].

حيث:

$$\alpha = 0.5r - 0.15 \quad \& \quad \beta = \frac{0.35}{r^2} \qquad (6\text{-}7)$$

أما في حالة الأحمال الحية الأكبر من ٥ كيلو نيوتن /م٢ فتستخدم قيمة α و β الموجـــودة بجدول (٦-٣).

جدول (٦-١) قيم المعاملات α و β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة والمصبوبة مليثيا مع الكمرات والمعرضة لحمل حي منتظم لا يتعدى ٥ كيلو نيوتن / م٢

2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	r
0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	α
0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.35	β

ويمكن اخذ قيمة العزوم الحانية فى البلاطات فى الإتجاهين تبعاً لهذه الطريقة كما يلى:

- إذا كان البحر مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{10} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{10} \qquad (6\text{-}8\text{-}a)$$

- إذا كان البحر تحت الاعتبار مستمراً من الناحيتين فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{12} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{12} \qquad (6\text{-}8\text{-}b)$$

- أما إذا كان البحر تحت الاعتبار غير مستمر من الناحيتين (بحر بسيط الارتكاز) فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{8} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{8} \qquad (6\text{-}8\text{-}c)$$

٦-٢-٢-٥ أكبر مسافة بين أسياخ التسليح

أ - لا تزيد أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في منتصف البحر عن ٢٠٠ مم ، ويجـــب ألا تقل مساحة مقطع التسليح في الاتجاه الثانوي عن ربع مساحة مقطع التسليح الرئيســـي،

٦-٢-٢-٤ طريقة مبسطة لحساب العزوم الحانية في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

في الأحوال العادية يرجع إلى البند (٦-٢-٢-١ الفقرة ٢) ويمكن استخدام الطريقة المبسطة التالية في حساب العزوم الحانية للبلاطات المستطيلة المصبوبة ميليثيا (Monolithically) مع الكمرات والمحمولة على جوانبها الأربعة، بشرط ألا يتعدى البحر الفعال الطويل b ضعف البحر الفعال القصير a.

بفرض أن:

a = البحر الفعال القصير

b = البحر الفعال الطويل

m_a = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر a إلى طول البحر a

m_b = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر b إلى طول البحر b

وتحدد قيمة m_a و m_b طبقاً لنظرية المرونة، ويمكن أخذ القيم التقريبية التالية لكل من m_a و m_b كما يلي:

- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن m_a أو m_b = ٠,٨٧
- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمر من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ٠,٧٦
- أما إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار غير مستمر من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ١,٠٠

وعلى أساس الفروض المبينة أعلاه يمكن الحصول على درجة المستطيلية r للجزء المحصور بين خطوط الانقلاب في الباكية من المعادلة التالية:

$$r = \frac{m_b \cdot b}{m_a \cdot a} \qquad (6\text{-}6)$$

ويعطى جدول (٦-١) قيم المعاملات α و β التي تستعمل في حساب العزوم الحانية للبلاطات في الاتجاهين a و b على التوالي المناظرة لقيم r المختلفة وذلك فى حالة البلاطات المعرضة لأحمال حية لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن / م[٢].

حيث:

$$\alpha = 0.5r - 0.15 \quad \& \quad \beta = \frac{0.35}{r^2} \qquad (6-7)$$

أما في حالة الأحمال الحية الأكبر من ٥ كيلو نيوتن /م٢ فتستخدم قيمة α و β الموجودة بجدول (٦-٣).

جدول (٦-١) قيم المعاملات α و β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة والمصبوبة مليثيا مع الكمرات والمعرضة لحمل حي منتظم لا يتعدى ٥ كيلو نيوتن / م٢

2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	r
0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	α
0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.35	β

ويمكن اخذ قيمة العزوم الحانية فى البلاطات فى الإتجاهين تبعاً لهذه الطريقة كما يلى:

- إذا كان البحر مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{10} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{10} \qquad (6-8-a)$$

- إذا كان البحر تحت الاعتبار مستمراً من الناحيتين فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{12} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{12} \qquad (6-8-b)$$

- أما إذا كان البحر تحت الاعتبار غير مستمر من الناحيتين (بحر بسيط الارتكاز) فإن:

$$M_a = \pm \frac{\alpha . w . a^2}{8} \quad \text{or} \quad M_b = \pm \frac{\beta . w . b^2}{8} \qquad (6-8-c)$$

٦-٢-٢-٥ أكبر مسافة بين أسياخ التسليح

أ - لا تزيد أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في منتصف البحر عن ٢٠٠ مم ، ويجب ألا تقل مساحة مقطع التسليح في الاتجاه الثانوي عن ربع مساحة مقطع التسليح الرئيسي.

وألا يقل العدد عن خمسة أسياخ في المتر، وبالنسبة للاشتراطات الأخرى للتسليح يرجع للبند (٦-٢-١-٤).

ب - يمكن تخفيض التسليح الموجب الذي يجاور الأحرف المستمرة للبلاطة ويوازيها ،، عندما تكون البلاطة مستمرة في اتجاه عمودي على هذه الأحرف ، ويمكن التخفيض بمقدار الربُع، وفى عرض من البلاطة لا يزيد على ربع اقصر بعد فى الباكية مع مراعاة ما ورد بالفقرة (أ) عاليه.

٦-٢-٢-٦ توزيع الأحمال فى البلاطات المرتكزة على حوائط مبانى

توزع الأحمال المنتظمة التوزيع فى البلاطات المرتكزة على حوائط مبانى طبقاً للجدول (٦-٢) وذلك في حالة الأحمال الحية التى لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن /م٢، أما في حالة الأحمال الحية التي تزيد عن ٥ كيلونيوتن/م٢ فتستخدم قيم المعاملات في جدول (٦-٣).

جدول (٦-٢) قيم المعاملات α و β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة المرتكزة على حوائط مباني وللبلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين والتي تكون فيها شفة الضغط كاملة

r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.396	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.778	0.806	0.830	0.849
β	0.396	0.333	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.093	0.077	0.063	0.053

٦-٢-٣ تصميم البلاطات بطريقة خطوط الكسر

يجوز استخدام طريقة خطوط الكسر في تصميم البلاطات وهى تستند على سلوك البلاطات عند بلوغها حد الانهيار. ويشترط عند التصميم بهذه الطريقة استيفاء أقل سمك للبلاطات، ولكن يلاحظ أن هذه الطريقة لا تحقق استيفاء عرض الشروخ في أسطح شد البلاطات المعرضة للظروف البيئية من القسمين الثالث والرابع طبقاً للبند (٤-٣-٢-٤-هـ) ولذا يجب عدم استخدامها في مثل هذه الحالات.

ويراعى في هذه الطريقة أن تتراوح نسبة مقاومة القطاع للعزوم السالبة M'_u إلى مقاومة القطاع للعزوم الموجبة M_u في نفس الاتجاه بين ١,٠٠ إلى ١,٥٠.

$$\frac{M'_u}{M_u} = 1.00 \sim 1.5 \qquad (6\text{-}9)$$

٦-٢-٤ الأحمال المركزة على البلاطات

تكون الأحمال المركزة على البلاطات في أحد الصورتين التاليتين:

١ - أحمال مركزة منعزلة.

٢ - أحمال مركزة خطية (مثل الحوائط).

ويجب حساب البلاطات التي تتعرض لأحمال مركزة تبعا لنظريات المرونة ، إلا انه يمكن اتباع القواعد المبينة بالبندين (٦-٢-٤-١)، (٦-٢-٤-٢).

٦-٢-٤-١ البلاطات ذات الاتجاه الواحد

٦-٢-٤-١-١ العرض الأقصى لتوزيع الحمل المركز

يُعرف العرض الابتدائي لتوزيع الحمل المركز على البلاطة طبقـا للمعـادلتين (٦-١٠)، (٦-١١) - شكل (٦-٣).

$$S_1 = t_1 + 2c + t \qquad (6\text{-}10)$$

$$S_2 = t_2 + 2c + t \qquad (6\text{-}11)$$

حيث:

t_1 = عرض الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي

t_2 = عرض الحمل في الاتجاه الموازى للتسليح الرئيسي

c = تخانة غطاء الأرضية المتماسك

t = تخانة البلاطة

S_1 = عرض توزيع الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي عند الركيزة

S_2 = عرض توزيع الحمل في الاتجاه الموازى للتسليح الرئيسى

ويكون عرض التوزيع مساويا S_1 عند الركيزة ثم يتزايد تدريجيا حتى يصل إلى العـرض الأقصى للتوزيع المنصوص عليه فيما بعد. وتتبع الزيادة في العرض خطوطا تميل بزاويـه α مع اتجاه التسليح كما هو مبين في المسقط الأفقى.

حيث:

$\tan \alpha = 1.00$ عند حساب العزوم الحانية.

$\tan \alpha = 0.50$ عند حساب قوى القص.

وبذلك يكون العرض الأقصى للتوزيع في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي مساويا:

$$S_1 + \left(\frac{A'_s}{A_s}\right) L \qquad (6\text{-}12)$$

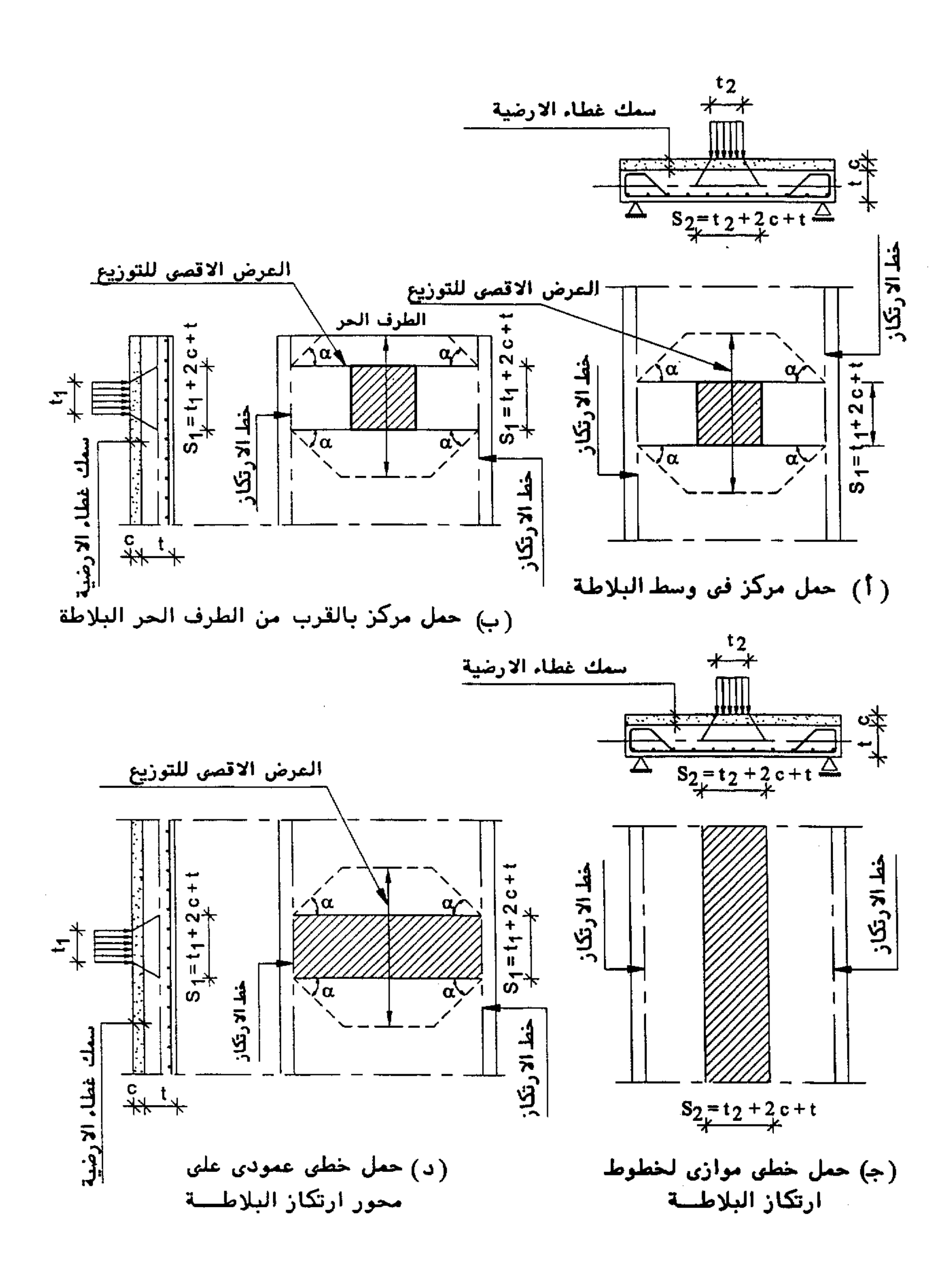
حيث L تساوى البحر الفعال في البلاطات بسيطة الارتكاز أو المسافة بين خطوط الانقلاب في البلاطات المستمرة على ألا تزيد نسبة التسليح الثانوي A'_s إلى التسليح الرئيسي A_s في هذه المعادلة على ٠,٦٧ ولا يزيد العرض الأقصى عما يلي:

أ – لحساب العزوم الحانية

- لا يزيد العرض الأقصى المعطى بالمعادلة (٦-١٢) على (S_1 + ٢,٠ مترا) أو طول البلاطة فى الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي.
- عندما يكون الحمل المركز قريبا من الطرف غير المرتكز للبلاطة أو قريبا من كمرات الجوانب القصيرة فى البلاطة ، يؤخذ العرض الفعال للتوزيع والعمودي على التسليح الرئيسي مساويا لنصف القيم المنصوص عليها سابقا مضافا إليه المسافة بين مركز الحمل والطرف غير المرتكز أو حرف كمرة الجانب القصير للبلاطة (شكل ٦-٣).

ب – لحساب قوى القص

- لا يزيد العرض الأقصى المعطى بالمعادلة (٦-١٢) على $(S_1 + L / 3)$ أو (S_1 + ١,٠٠متر) أو طول البلاطة في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي.
- عندما يكون الحمل المركز قريبا من خط الارتكاز فإن العرض الأقصى المسموح به للتوزيع عند حساب قوى القص بين البلاطة والكمرة الحاملة هو $(S_1 + 4t)$.
- عندما يكون الحمل المركز قريبا من الكمرة على طول الجانب القصير للبلاطة فإن العرض الأقصى المسموح به للتوزيع لحساب قوى القص بين البلاطة والكمرة هو $(S_2 + 4t)$.



شكل (٦-٣) توزيع الأحمال المركزة والخطية على البلاطات ذات الاتجاه الواحد

٦-٢-٤-١-٢ العزوم الحانية والتصميم

أ - لحساب العزم الحاني الإضافي الناتج من الحمل المركز يؤخذ في الاعتبار أن الحمل المركز موزع على طول من البحر الفعال للبلاطة يساوى S_2، وأن العرض المتأثر بالحمل المركز في اتجاه عمودي على اتجاه البحر والذي يدخل في تصميم البلاطة هو العرض الأقصى للتوزيع في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي كما هو مذكور فيما سبق.

ب - يكون العزم الحاني الذي تصمم عليه البلاطة داخل العرض الأقصى للتوزيع مساويا لمجموع العزوم الحانية الناتجة من الأحمال الميتة والحية للبلاطة والعزم الحاني الإضافي نتيجة للحمل المركز.

جـ - يُحسب التسليح الرئيسي طبقا للعزوم الحانية السابق ذكرها ، ويجب ان يمتد التسليح الثانوي الإضافي للحمل المركز (والمحددة قيمته من المعادلة الخاصة لإيجاد العرض الأقصى للتوزيع) بطول يساوى على الأقل عرض التوزيع المأخوذ في الإعتبار.

٦-٢-٤-٢ البلاطات المستطيلة ذات الاتجاهين

إذا كانت a_1 و b_1 هما البحران المعلقان القصير والطويل على التوإلى وكانت $(\frac{b_1}{a_1} < 1.5)$ فانه يجوز استعمال توزيع الأحمال التالى في الاتجاهين. أما إذا زادت نسبة $(\frac{b_1}{a_1})$ على هذا المقدار فإنه يمكن اعتبار البلاطة كما لو كانت بلاطة ذات اتجاه واحد.

- توزيع الحمل المركز في الاتجاهين

يكون توزيع الحمل المركز على البلاطة في كل من الاتجاهين بنسبة عكسية لأطوال البحور كما يلي:

$$P_{a1} = P\left[\frac{b_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad (6\text{-}13\text{-}a)$$

$$P_{b1} = P\left[\frac{a_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad (6\text{-}13\text{-}b)$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق القصير a_1 هو:

$$S_2 + 0.4\, a_1 \qquad (6\text{-}14)$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق الطويل b_1 هو:

$$S_1 + 0.4\, a_1 \left[2 - \left(\frac{a_1}{b_1} \right) \right] \qquad (6\text{-}15)$$

- **حساب العزوم الحانية الناتجة من الحمل المركز فى الاتجاهين**

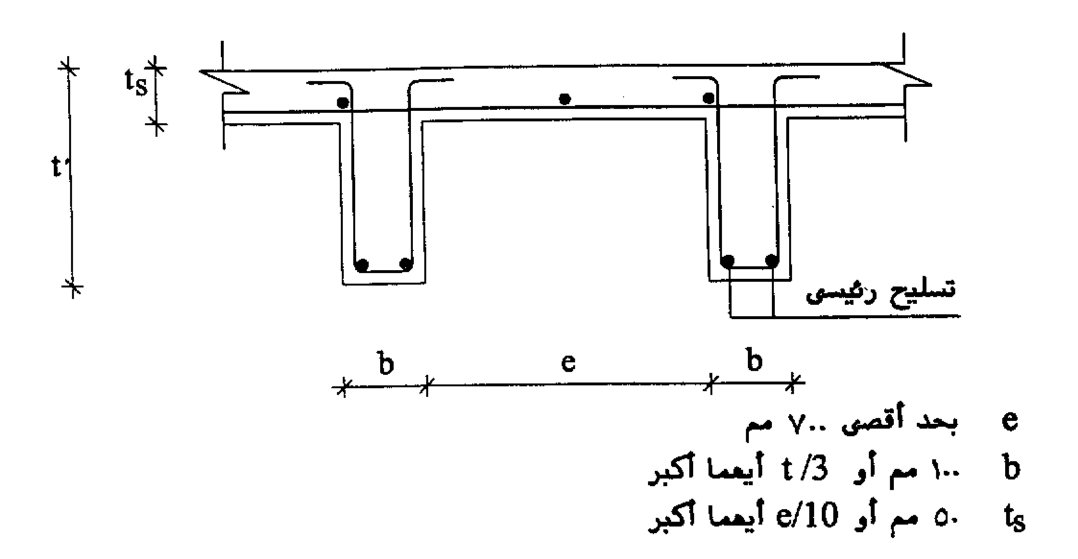
لحساب العزم الحاني الإضافي من الحمل المركز في اتجاه a_1 يؤخذ في الاعتبار أن الحمل P_{a1} موزع على طول من البحر الفعال a ويساوى القيمة المذكورة بالمعادلة (٦-١٤)، وان العرض المتأثر بالحمل المركز عمودي على الاتجاه a_1 والذي يدخل في تصميم البلاطة يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (٦-١٥). وبالمثل لحساب العزم الحاني الإضافي الناتج من الحمل المركز في اتجاه b_1 يؤخذ في الاعتبار أن الحمل P_{b1} موزع على طول من البحر الفعال b يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (٦-١٥). وان العرض المتأثر بالحمل المركز عمودي على الاتجاه b_1 والذي يدخل في تصميم البلاطة يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (٦-١٤).

ويجب إضافة هذه العزوم الإضافية إلى تلك الناتجة عن الأحمال الدائمة والأحمال الحية. ويجب حساب قيمة التسليح الكلى في كل اتجاه ووضعها في العروض المتأثرة بالحمل المركز.

٦-٢-٥ البلاطات ذات الأعصاب والبلاطات ذات القوالب المفرغة
Ribbed Slabs and Hollow Block Slabs

٦-٢-٥-١ عام

- عند حساب البلاطات ذات القوالب المفرغة لا تعتبر هذه القوالب فعالة استاتيكيا.
- يجب استيفاء الاشتراطات التالية الخاصة بالأبعاد (شكل ٦-٤):
  ١ – لا تزيد المسافة الخالصة بين الأعصاب e على ٧٠٠ مم.
  ٢ – لا يقل عرض الأعصاب b عن ١٠٠ مم أو ثلث العمق t أيهما اكبر.
  ٣ – لاتقل سمك بلاطة الضغط t_s عن ٥٠ مم أو عشر المسافة e أيهما اكبر.
- يجب أن تتحمل البلاطة وحدها بأمان الأحمال المركزة التي قد تؤثر مباشرة على البلاطة بين الأعصاب.



e بحد أقصى ٧٠٠ مم

b ١٠٠ مم أو $t/3$ أيهما أكبر

t_s ٥٠ مم أو $e/10$ أيهما أكبر

شكل(٦-٤) مقطع وأبعاد البلاطات ذات الأعصاب أو ذات القوالب المفرغة

٦-٢-٥-٢ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد

- لا تقل مساحة مقطع أسياخ التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر عن القيم المعطاة في البند (٦-٣-١-١٠) ، وتكون أقل كمية لأسياخ التوزيع في البلاطة (موازيا للأعصاب) هي ٣ ϕ ٦ مم/ متر، على أن يوضع سيخ قطر ٦ مم بين كل عصبين وسيخ عند كل عصب كما هو موضح بشكل (٦-٤).
- إذا كان الحمل الحي أصغر من أو يساوي ٣ كيلونيوتن/م^2 وكانت البحور أطول من ٥,٠ م ، يجب أن تزود البلاطة بعصب عرضي واحد على الأقل عند منتصف البحر. ويجب ألا يقل المقطع والتسليح السفلي لهذا العصب العرضي عما في الأعصاب الرئيسية ، ويكون تسليحه العلوي نصف تسليحه السفلي على الأقل.
- وإذا زاد الحمل الحي على ٣ كيلونيوتن/م^2 وكانت البحور تتراوح بين ٤,٠ م و ٧,٠ م تزود البلاطة بعصب عرضي واحد ، أما إذا زادت البحور على ٧,٠ م تزود البلاطة بثلاثة أعصاب عرضية وتكون هذه الأعصاب العرضية بنفس الأبعاد والتسليح المذكور فيما سبق.

٦-٢-٥-٣ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين

هناك حالتين :

أ - كمرات بنفس سمك البلاطة (كمرات مدفونة) وتصمم بنفس طريقة تصميم البلاطات اللاكمرية .

ب – كمرات جاسئة بسمك أكبر من سمك البلاطة ، ويوجد نوعان من هذه البلاطات :

١ – النوع الذي تكون فيه للأعصاب بلاطات ضغط كاملة ، فإذا كان الحمل الحى لا يزيد عن ٥ كيلونيوتن/م٢ توزع الأحمال باستخدام المعاملات المذكورة فى جدول (٦–٢)، أما إذا زاد الحمل الحى عن ٥ كيلونيوتن/م٢ توزع الأحمال باستخدام المعاملات المذكورة فى جدول (٦–٣).

٢ – النوع الذي تكون فيه للأعصاب بلاطات ضغط غير كاملة أي أن مقطع الأعصاب على شكل T ذات شفة ضغط محدودة العرض أو بدون شفة ضغط، توزع الأحمال في كلا الاتجاهين باستخدام المعاملات المبينة في جدول (٦–٣).

٦–٢–٥–٤ ملاحظات عامة

تُطبق الملاحظات التالية في كل من البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد أو في الاتجاهين :

– تعامل قوى القص في الأعصاب وفقاً للبند (٦–٣–١–٧) .
أما في حالة تصميم البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين كبلاطات لاكمرية، فإنه يجب معاملة قوى القص طبقاً للبند (٦–٢–٧–٧) .

– تكون أجزاء البلاطات المستمرة عند الركائز صماء وذلك لمقاومة العزوم الحانية السالبة وقوي القص.

– لتحديد البحور الفعالة والعزوم الحانية في البلاطات يرجع إلى البندين (٦–٢–١–١) و(٦–٢–١–٣).

– يكون أقل عرض للارتكاز فوق حوائط الطوب الحجر هو ١٥٠ مم.

– في حالة البلاطات ذات القوالب المفرغة بسيطة الارتكاز لا يُسمح بامتداد القوالب المفرغة فوق الركائز بل تكون البلاطة مصمتة لمقاومة قوى القص.

جدول (٦–٣) قيم المعاملات α و β المناظرة لقيم r لبلاطات ذات الأعصاب والتي يكون فيها شفة الضغط غير كاملة

r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.867	0.893	0.914	0.928	0.941
β	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.133	0.107	0.086	0.072	0.059

٦-٢-٦ البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة Panelled Beams

أ - عندما تكون الأبعاد الكلية للبلاطات ذات الاتجاهين كبيرة نسبيا بحيث يصبح من غير المناسب عمليا تصميمها كبلاطة مصمتة أو بلاطة ذات أعصاب أو بلاطة ذات قوالب مفرغة فإنه يمكن استخدام نظام إنشائي مكون من كمرات متقاطعة على شكل شبكة ترتكز عليها مجموعة من البلاطات المصمتة (أو ذات القوالب المفرغة) صغيرة الأبعاد نسبيا.

ب - يتم ترتيب الكمرات المتقاطعة عادة فى اتجاهين متعامدين لتكون بواكى مستطيلة أو مربعة (Rectangular grid)، كما يمكن ترتيب الكمرات فى إتجاه القطرين لتكون بواكى على شكل متوازى أضلاع (Skew grid) أو ترتيبها فى ثلاثة اتجاهات لتكون بواكى مثلثة (Triangular grid) أو ترتيبها فى أربعة اتجاهات لتكون بواكى مثلثة (Quadruple grid).

جـ - يكون هذا النظام مناسب من الناحية الإنشائية فى حالة تساوى قطاع الكمرات المتقاطعة وعندما تكون نسبة المستطيلية للأبعاد الكلية للبلاطات فى حدود من ١,٠٠ إلى ١,٥٠.

د - يتم إيجاد القوى الداخلية وتصميم بواكى البلاطات بين الكمرات المتقاطعة طبقاً للبند (٦-٢-٢) أو البند (٦-٢-٥).

هـ - يتم إيجاد القوى الداخلية فى الكمرات المتقاطعة باستخدام نظرية المرونة والتى تضمن استيفاء اشتراطات الاتزان وتوافق الانفعالات. ويمكن استخدام أحد الطرق المبسطة بشرط التأكد من أن يكون الحل متوافق مع السلوك الفعلى للنظام الإنشائى للكمرات المتقاطعة.

و - يجب استيفاء ما ورد بالبند (٦-٣) الخاص بالكمرات.

٦-٢-٧ البلاطات المسطحة (البلاطات اللاكمرية)

٦-٢-٧-١ عام

يُقصد عموماً بالبلاطات المسطحة البلاطات اللاكمرية الصماء من الخرسانة المسلحة إما بسقوط أو بدونه، والتي ترتكز على أعمدة إما بتيجان أو بدونها كما بشكل (٦-٥) وتشمل البلاطات المصمتة أو البلاطات ذات الفراغات الداخلية أو البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين ببلوكات أو بدونها.

الرموز •

L_1 = طول الباكية في اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاساً من محاور الأعمدة

L_2 = عرض الباكية في اتجاه عمودي على اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاساً من محاور الأعمدة

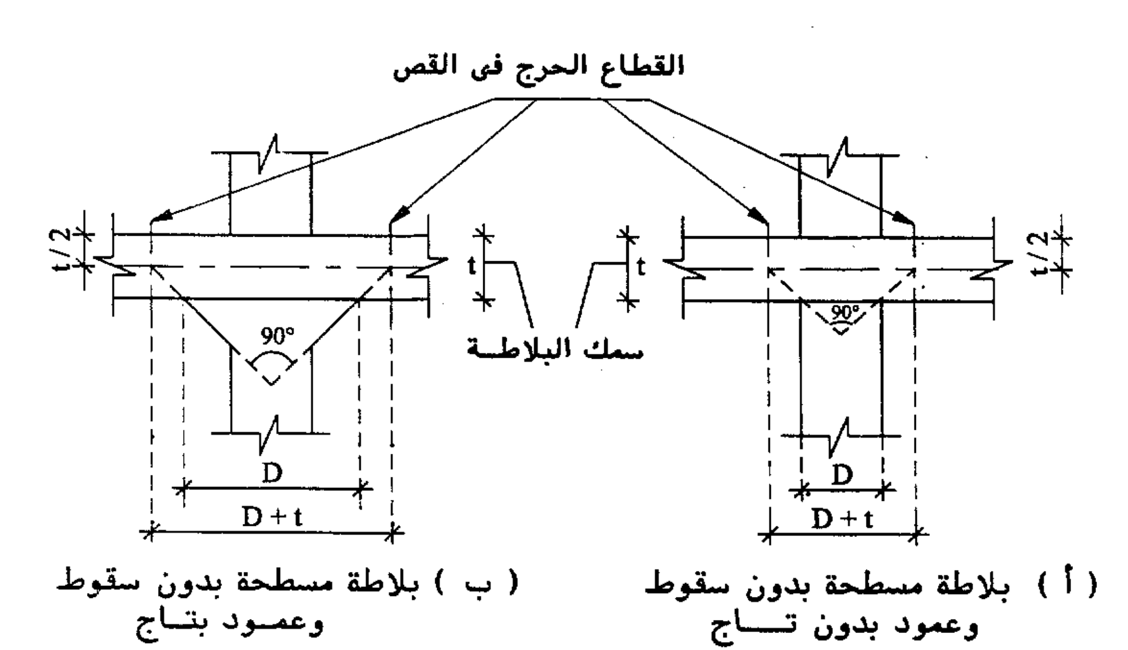
L = المتوسط الحسابي للمقاسين L_2 و L_1

D = قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل مقطع العمود (أو تاجه إن وجد)

w = الحمل الكلي لوحدة المساحة من الباكية

t = السمك الكلي للبلاطة

d = العمق الفعال للبلاطة



القطاع الحرج فى القص

t

سمك البلاطـة

سمك السقوط

$\nless \frac{t}{4}$

90°

D

D+ سمك البلاطـة+سمك السقوط

عرض السقوط

t+ عرض السقوط

(جـ) بلاطة مسطحة بسقوط وعمود بتـاج

شكل (٦-٥) القطاعات الحرجة للقص

٦-٢-٧-٢ أدنى أبعاد

أ – أدنى سمك للبلاطة

يجب ألا يقل السمك الكلي t للبلاطة بأي حال عن أكبر القيم التالية:

١ – ١٥٠ مم

٢ – $\frac{L}{32}$ للبواكي الطرفية التي بدون سقوط

٣ – $\frac{L}{36}$ للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل بدون سقوط أو للبواكي الطرفية التي لها سقوط

٤ – $\frac{L}{40}$ للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط

ب– أدنى سمك للأعمدة

يجب ألا يقل قطر العمود مستدير المقطع أو طول أي من ضلعى مقطع العمود مستطيل القطاع بأى حال عن أكبر القيم التالية:

١ – $\frac{1}{20}$ من طول الباكية في الاتجاه تحت الاعتبار

٢ – $\frac{1}{15}$ من ارتفاع الدور الكلي

٣ – ٣٠٠ مم

جـ – أدنى أبعاد لتيجان الأعمدة Column Heads

في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان يجب أن تتحقق المتطلبات التالية بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية وكذا أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود المبني:

١ – يجب ألا تزيد زاوية أقصي ميل للتاج على ٤٥° مع الإتجاه الرأسي.

٢ – يجب ألا يزيد القطر الفعال D الذي يعتبر في التصميم على ربع البحر الأصغر للبلاطات المتجاورة ، وإذا كان مقطع العمود أو تاجه غير دائري ، فيقصد بكلمة القطر الفعال D في هذا البند قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل مقطع العمود (أو تاجه إن وجد).

د - أدنى أبعاد لبلاطة السقوط Drop Panels

في الحالات التي يتطلب فيها زيادة سمك البلاطة فوق الأعمدة أو تيجانها بغرض مقاومة عزوم الانحناء السالبة أو القص الثاقب وتقليل صلب التسليح فيجب ألا تقل أبعاد السقوط عن الشروط التالية:

١ - يجب ألا يقل سمك السقوط أسفل البلاطة عن ربع سمك البلاطة.

٢ - يجب أن يمتد السقوط لمسافة سدس طول الباكية على الأقل في نفس الاتجاه مقاساً من محاور الأعمدة بحيث لا يتعدي ربع الباكية ذات البعد الأصغر.

هـ - تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح

يُفترض تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح كما يلى، شكل (٦-٦):

- شريحة عمود ويؤخذ عرضها مساوياً لنصف عرض الباكية ذات البعد الأصغر إلا في حالة استخدام سقوط فيؤخذ عرضها مساوياً لعرض بلاطة السقوط.
- شريحة وسط ويؤخذ عرضها مساوياً للفرق بين عرض الباكية وعرض شريحة العمود.

٦-٢-٧-٣ التحليل الإنشائي

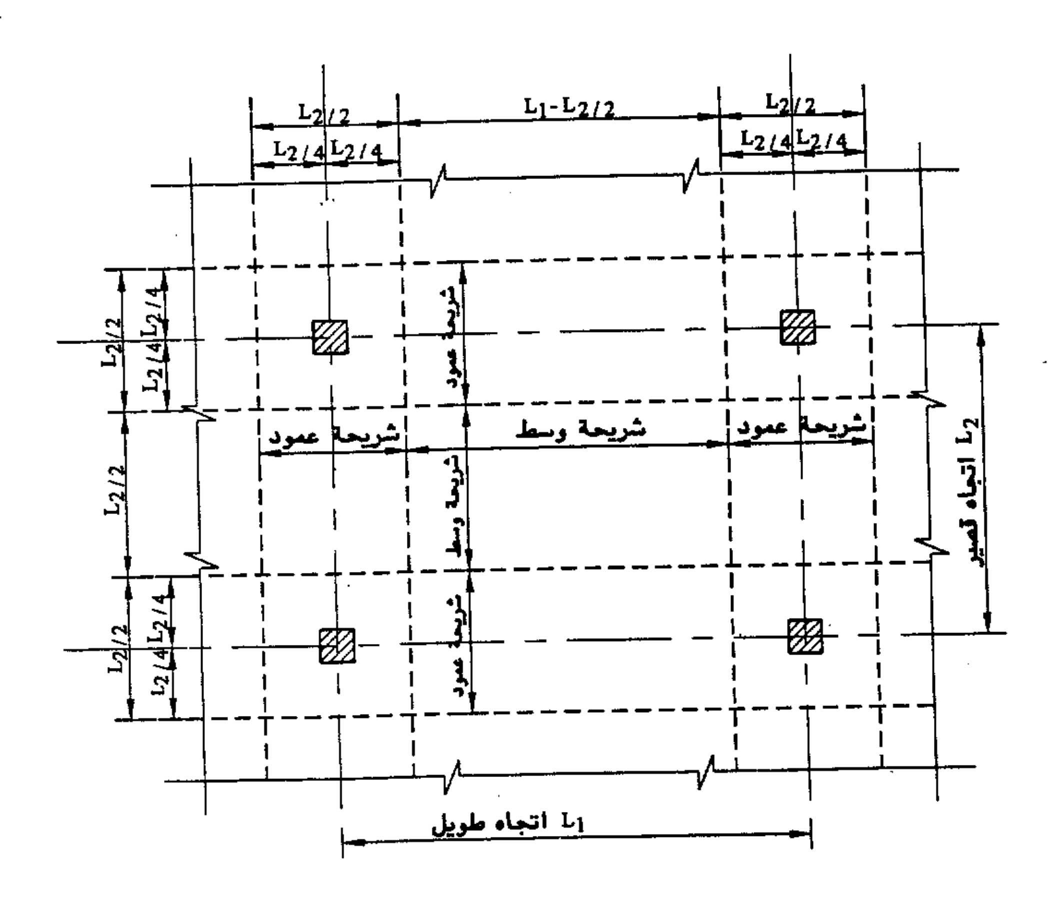
أ - يمكن تحليل البلاطات المسطحة طبقاً لنظرية المرونة ، كما يجوز استخدام طريقة خطوط الكسر بشرط تحقيق نسبة العزوم السالبة إلى العزوم الموجبة طبقاً للفقرة (٦-٢-٣) ويلاحظ أن هذه الطريقة الأخيرة لا تستوفي شرط عرض الشروخ في أسطح شد البلاطات المعرضة لعوامل بيئية من القسمين الثالث والرابع طبقاً للبند (٤-٣-٢-٤-هـ) ولذا يجب عدم استخدامها في مثل هذه الحالات.

ب - يمكن تصميم البلاطات المسطحة التى تقع أعمدتها على خطوط مستقيمة متعامدة فى الاتجاهين طبقاً لإحدى الطريقتين التاليتين:

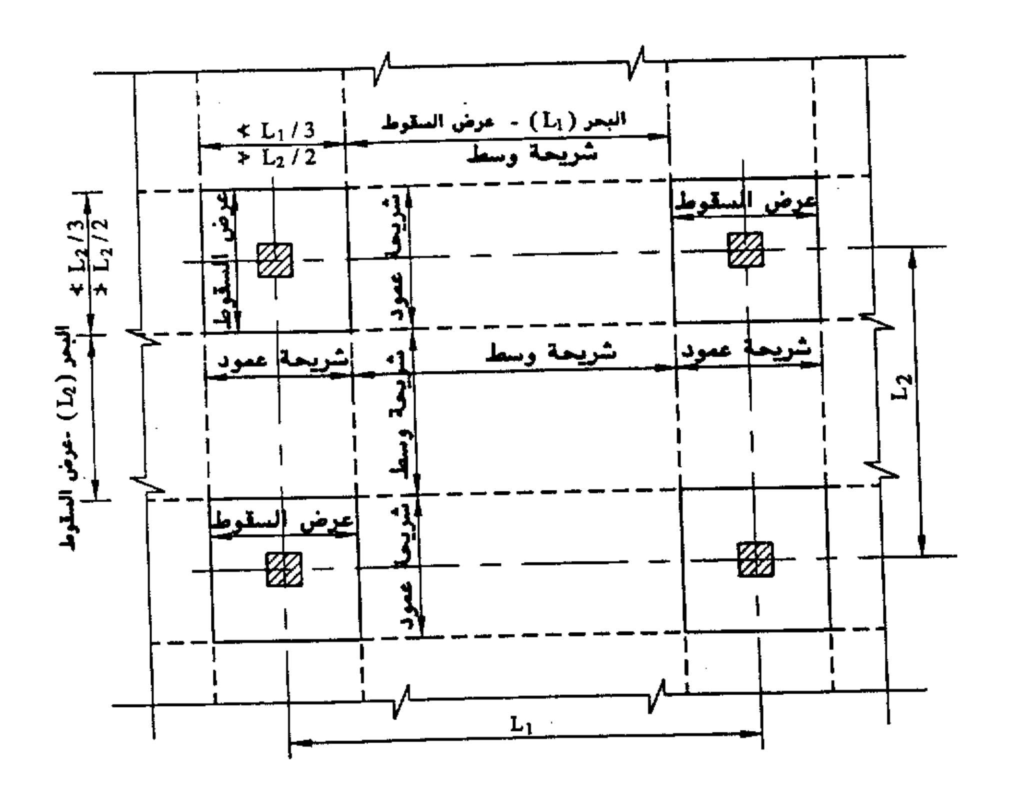
١ - كإطارات مستمرة باستخدام الطريقة المبينة في بند (٦-٢-٧-٤).

٢ - بالطريقة الفرضية المبينة فى بند (٦-٢-٧-٥).

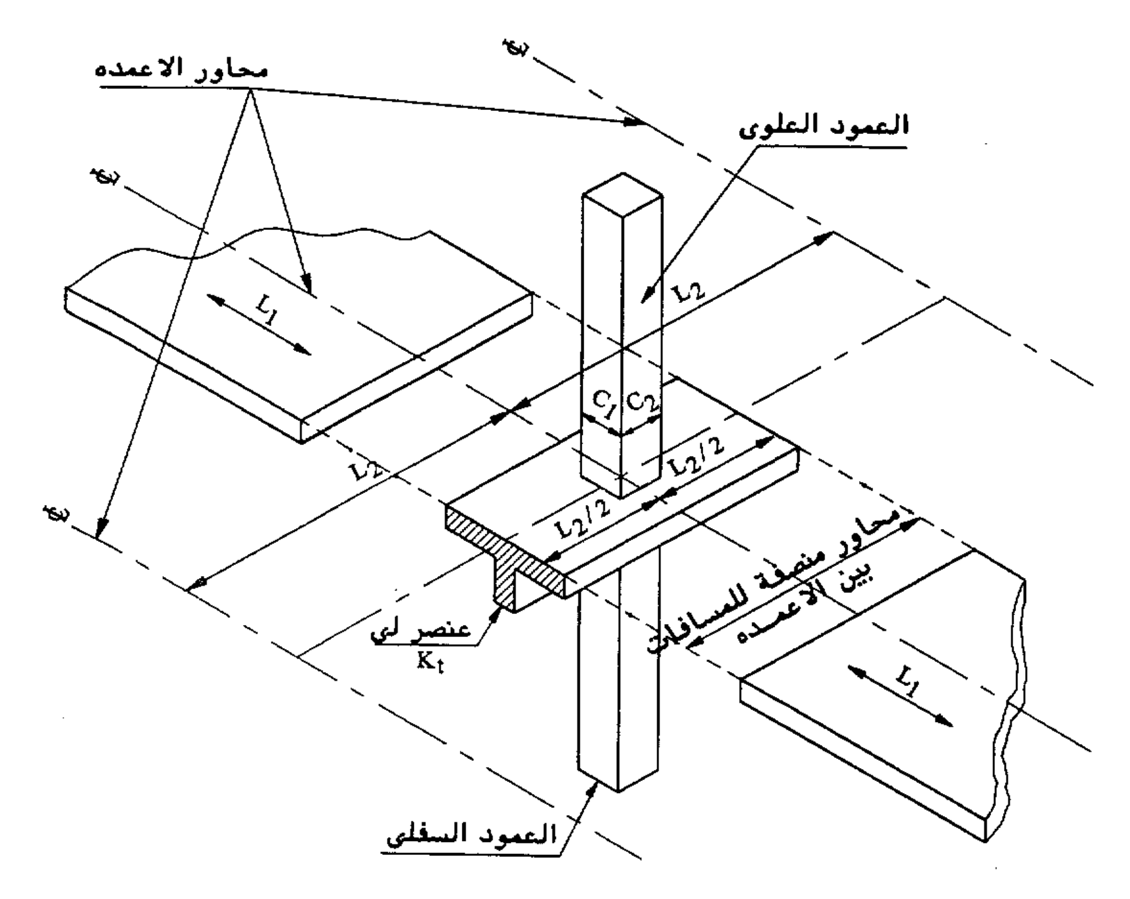
ويُسمح بتجاوز لا يزيد على ١٠% من متوسط طول الباكيتين المتعامدتين على اتجاه التحليل.



شكل (٦-٦-أ) تقسيم بواكى البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط فى حالة بلاطة بدون سقوط



شكل (٦-٦-ب) تقسيم بواكى البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط فى حالة بلاطة بسقوط



شكل (٦-٧) العمود المكافئ (الأعمدة وعناصر اللي)

٦-٢-٧-٤ تحليل البلاطات المسطحة كإطارات مستمرة

إذا لم يتم التحليل الإنشائى للبلاطات المسطحة بدقة طبقاً لنظرية المرونة فيمكن تحليلها إنشائياً كما يلي:

أ - يمكن حساب العزوم الحانية وقوى القص بتحليل المنشأ كإطارات مستمرة مع الافتراضات التالية:

- يُعتبر المنشأ مقسماً طولياً وعرضياً إلى إطارات مكونة من صف من الأعمدة وشرائح من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة بعرض يساوى المسافة بين محاور البواكى .
- يمكن إجراء التحليل الإنشائى لكل إطار مستمر كإطار مستقل مكون من شريحة من البلاطات والأعمدة أعلاها وأسفلها وباعتبار نهايات الأعمدة مثبتة تثبيتاً كلياً ، ويؤخذ الحمل الميت والحى بالكامل في كل اتجاه.
- يجب وضع الحمل الحي في المواضع التي تعطى أقصى اجهادات داخلية فى الأعضاء المختلفة للإطار . وتؤخذ البحور التى تستعمل فى هذا التحليل مساوية للمسافات بين

محاور الأعمدة ، كما يجب أخذ اختلاف الجساءة (Rigidity) لأعضاء الإطار في الاعتبار.

- في حالة الأحمال الرأسية يتم حساب جساءة البلاطات المسطحة باستخدام العرض الكلى للبلاطة (أى المسافة بين محاور الأعمدة) . أما في حالة الأحمال الجانبية فيؤخذ العرض الفعال عند حساب الجساءة مساوياً لعرض العمود مضافاً إليه مسافة ثلاث مرات سمك البلاطة على كل من جانبي العمود وبشرط ألا يزيد العرض الفعال على ثلث المسافة بين محاور الأعمدة ، وتؤثر القوى الداخلية الناتجة من الأحمال الجانبية على هذا العرض الفعال.

- عند حساب كزازة (Stiffness) الانحناء للأعمدة يمكن إتباع إحدى الطريقتين التاليتين:

أ-١ أخذ التأثير المجمع لكل من كزازة انحناء العمود وكزازة اللي لعناصر اللي المتصلة مع العمود والمتمثلة في الكمرات وأجزاء اللى الفعالة من البلاطة في الاتجاه العمودي على مستوى الإطار وبإعتبار أن عرض عنصر اللى في البلاطات اللاكمرية مساوياً لعرض العمود c_1 مضافاً إليه ثلاثة أمثال سمك البلاطة وفقا للبند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-١١-ب) ويتم حساب كزازة انحناء العمود المكافئ K_{ec} وفقا للعلاقة التالية وشكل (٦-٧).

$$K_{ec} = \frac{\Sigma K_c}{\left[1 + \frac{\Sigma K_c}{K_t}\right]} \qquad (6\text{-}16\text{-}a)$$

حيث:

ΣK_c = مجموع كزازتى العمود للانحناء أعلى وأسفل منسوب البلاطة مع اعتبار العمود مثبتاً كليا عند الطرفين العلوى والسفلى ، حيث كزازة العمود للانحناء تعطى بالعلاقة:

$$K_c = \left(\frac{4E_c I_g}{h}\right) \qquad (6\text{-}16\text{-}b)$$

حيث:

h = هو ارتفاع العمود

I_g = عزم القصور الذاتى خارج الوصلة لكامل القطاع الخرسانى للعمود حول محور الخمول وبدون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح

E_c = معاير المرونة للخرسانة ويُحسب طبقاً للبند (٢-٣-٣-١)

ويُفضل فى حالة البلاطات ذات بواكى السقوط أو تيجان الأعمدة أو الأعمدة غير المنشورية حساب قيم كزازة الأعمدة K_C باعتبار التوزيع الفعلى لجساءتها.

K_t = كزازة عناصر اللى للعمود المكافئ وتُحسب من العلاقة التالية:

$$K_t = \Sigma\left[\frac{9E_c \cdot C}{L_2 \cdot \left(1 - \left(\frac{c_2}{L_2}\right)\right)^3}\right] \qquad (6\text{-}16\text{-}c)$$

حيث c_2 و L_2 هما بعد العمود وطول الباكية فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل كما هو مبين بالشكل (٦-٧) و C هو ثابت القطاع ويحسب من العلاقة التالية:

$$C = \Sigma\left[\left(1 - 0.63\left(\frac{b}{t}\right)\right) \cdot \left(\frac{b^3 \cdot t}{3}\right)\right] \qquad (6\text{-}16\text{-}d)$$

حيث b ، t البعد الأصغر والأكبر على التوالى لعنصر اللى ويمكن حساب قيمة C لقطاع على شكل حرف T أو L بتقسيم القطاع إلى مستطيلات وجمع قيم C لها.

أ-٢ يمكن حساب عزم القصور الذاتى المكافئ للعمود I_{ec} وفقا للعلاقة التالية:

$$I_{ec} = \psi \cdot I_g \qquad (6\text{-}17\text{-}a)$$

حيث ψ معامل يُحسب من العلاقة التالية:

$$\psi = \left[0.6 + 0.4\left(\frac{\alpha \cdot L_{2a}}{L_{1a}}\right)\right]\left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2$$ للأعمدة الطرفية (6-17-b)

$$\psi = \left[0.3 + 0.7\left(\frac{\alpha \cdot L_{2a}}{L_{1a}}\right)\right]\left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2$$ للأعمدة الداخلية (6-17-c)

بشرط $1.00 \geq \psi \geq 0.30$ وألا تزيد النسبة $\frac{\alpha L_{2a}}{L_{1a}}$ عن ١,٠٠ حيث:

α = نسبة عزم القصور الذاتى للكمرة المقاومة للى (إن وجدت) إلى عزم القصور الذاتى لشريحة البلاطة

L_{1a} = متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى اتجاه التحليل

L_{2a} = متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل

ب – تُصمم البلاطة عند أي مقطع للعزوم الحانية المحسوبة كما سبق ، إلا أنه لا يلزم اعتبار عزوم حانية سالبة أكبر من تلك الموجودة والمجاورة مباشرة لوجه العمود. تُقسم العزوم الحانية التي تم حسابها باتباع الطريقة السابقة بين كل من شرائح الأعمدة وشرائح الوسط بالنسب المبينة في جدول (٦–٤).

جـ– عندما تؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط ويزاد تبعا لذلك عرض شريحة الوسط لقيمة أكبر من نصف عرض الباكية ، يجب زيادة العزوم التي تقاومها شريحة الوسط على القيم المبينة في جدول (٦–٤) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن حينئذ تخفيض العزوم التي تقاومها شريحة العمود عن القيم المبينة فى جدول (٦–٤) بحيث لا يكون هناك تخفيض في العزوم الكلية الموجبة والكلية السالبة والتي تقاومها مجتمعة شريحة العمود وشريحة الوسط.

جدول (٦–٤) توزيع العزوم الحانية تحت تأثير الأحمال الرأسية بين شرائح الأعمدة وشرائح الوسط (في بواكى البلاطات المسطحة المصممة كإطارات مستمرة)

نوع العزوم	توزيع العزوم الحانية بين شرائح الأعمدة وشرائح الوسط كنسبة مئوية من عزوم الانحناء الكلية السالبة أو الموجبة	
	شريحة العمود	شريحة الوسط
العزوم السالبة في باكية داخلية	75	25
العزوم السالبة في باكية خارجية	80	20
العزوم الموجبة	55	45

٦-٢-٧-٥ التحليل الفرضي (Empirical analysis) للبلاطات المسطحة المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

أ- حدود استعمال الطريقة

تُطبق هذه الطريقة فى حالة استيفاء الاشتراطات التالية:

١- أن تحتوى البلاطات المسطحة على مجموعة من البواكى المستطيلة ذات السمك الثابت تقريبا والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين وعلى ألا تزيد نسبة طول الباكية إلى عرضها عن ١,٣.

٢- ألا تختلف أطوال وعروض أي باكيتين متجاورتين في أية مجموعة بأكثر من ١٠% من أكبر طول أو عرض ، على ألا تختلف البحور المتباعدة عن بعضها البعض فى المجموعة بأكثر من ٢٠% من البحر الأكبر ويجوز أن تكون البحور الطرفية أقصر من البحور الداخلية ولا يجوز أن تكون أطول منها ، وفى حالة اختلاف البحور المتجاورة يجب دائما أخذ طول البحر الأكبر في حساب العزوم الحانية.

ب- المقاطع الحرجة للعزوم الحانية في البلاطات المسطحة

للبواكى الداخلية المستمرة تكون المقاطع الحرجة للعزوم الحانية كمايلي:

١- للعزوم الموجبة تكون على طول محاور البواكى.

٢- للعزوم السالبة تكون عند حدود البواكى على طول الخط الواصل بين مراكز الأعمدة وحول محيط رؤوس الأعمدة.

جـ- العزوم الحانية فى بواكى البلاطات المسطحة

تُحسب قيمة الْعزم الحانى M فى كل من اتجاهى الباكية من المعادلة التالية:

$$M = \left(\frac{w\,L_2}{8}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2D}{3}\right)\right]^2 \qquad (6\text{-}18)$$

حيث L_1 هو الاتجاه تحت الاعتبار و L_2 هو الاتجاه العمودى

ثم تُقسم قيمة M بين شريحة الوسط وشريحة العمود في الاتجاه تحت الاعتبار بالنسب المبينة في جدول (٦-٥) مع مراعاة ما جاء بالبند (٦-٢-٧-٤-جـ).

جدول (٦-٥) توزيع العزوم الحانية في بواكى البلاطات المسطحة كنسبة مئوية من M تحت تأثير الأحمال الرأسية

الشريحة	نوع الارتكاز الطرفي*	الباكية الخارجية		الباكية الداخلية	
		عزم سالب	عزم موجب	عزم سالب	عزم موجب
شريحة العمود	أ	40	30	45	25
	ب	30			
شريحة الوسط	أ	10	20	15	15
	ب	20			

* أنواع الارتكاز الطرفى:
أ- بدون كمرات
ب- كمرات بعمق كلى يساوى أو أكثر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة

د- العزوم الحانية السالبة في منتصف البحور في حالة الأحمال الحية الثقيلة

في حالة الأحمال الحية الثقيلة يجب ألا تقل العزوم الحانية السالبة فى منتصف البحور الداخلية عن القيم التالية:

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{40}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad (6\text{-}19\text{-}a)$$

لشريحة العمود فى اتجاه L_1

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{100}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad (6\text{-}19\text{-}b)$$

لشريحة الوسط فى اتجاه L_1

حيث: g , p هما الحمل الحى المنتظم والحمل الدائم المنتظم على وحدة المساحات على التوالى.

هـ- العزوم الحانية في الأعمدة

١- تُصمم الأعمدة الداخلية والخارجية لتقاوم عزوماً حانية تساوى ٥٠ % ، ٩٠ % على التوالي من العزم السالب في شريحة العمود كما ورد في جدول(٦-٥). وتُقسم هذه العزوم بين

الأعمدة العليا والسفلى بنسب كزازاتها (Stiffness) وفى الأعمدة الداخلية يمكن تخفيض الحمل المباشر الذي يعمل مع العزم باعتبار أن الباكية على أحد الجانبين خالية من الحمل الحي.

٢- في حالة الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من الأسقف والحوائط كأحمال كابولية يمكن خفض العزوم الحانية في الأعمدة كما حددت الفقرة السابقة بما يوازى العزم الناتج من الحمل الميت على الجزء الكابولى.

٦-٢-٧-٦ العزوم الحانية فى البواكى ذات الكمرات الطرفية أو بدونها

أ - عندما ترتكز البلاطة على كمرة طرفية بعمق كلى يساوى أو يزيد على ثلاثة أمثال سمك البلاطة يكون:

١- الحمل الكلى الذي تحمله الكمرة شاملا الأحمال المباشرة عليها بالإضافة الى حمل منتظم التوزيع يساوى ربع حمل الباكية الكلى.

٢- العزوم الحانية المؤثرة على نصف شريحة العمود المحاذية للكمرة مساوية لربع القيم المعطاة في جدول (٦-٤) أو جدول (٦-٥).

ب- فى الأحوال العادية حيث لا توجد كمرة طرفية تكون العزوم الحانية المؤثرة على نصف شريحة العمود مساوية لنصف القيم المعطاة في جدول (٦-٤) أو جدول (٦-٥).

٦-٢-٧-٧ نقل العزوم السالبة من البلاطة إلى الأعمدة

٦-٢-٧-٧-١ يتم نقل إجمالى العزوم السالبة في البواكى الخارجية M_f (شكل ٦-٨-أ) أو فروق العزوم السالبة في البواكى الداخلية M_f بشكل (٦-٨-ب) إلى الأعمدة حسب التوزيع التالي:

أ – جزء ينتقل مباشرة إلى الأعمدة بواسطة عزوم انحناء (γ_f M_f) وتؤخذ γ_f طبقاً للمعادلة التالية:

$$\gamma_f = \frac{1}{1+\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \qquad (6\text{-}20)$$

حيث: γ_f = معامل العزوم المنقولة بالانحناء

b_1 = طول القطاع الحرج فى القص الثاقب كما هو معرف فى بند (٤-٢-٢-٣) مقاسا في اتجاه التحليل

b_2 = طول القطاع الحرج فى القص الثاقب كما هو معرف فى بند (٤-٢-٢-٣) مقاساً فى الاتجاه العمودى على b_1

ويتم تركيز صلب التسليح المطلوب لمقاومة هذه العزوم في العرض الفعال كما هو موضح بالشكل (٦-٩).

ب- جزء ينتقل إلى الأعمدة بواسطة عزوم لي ($\gamma_q M_f$) وتؤخذ γ_q طبقاً للمعادلة التالية:

$$\gamma_q = 1 - \gamma_f \tag{6-21}$$

حيث:

γ_q = معامل العزوم المنقولة باللي والذي ينتج عنه إجهاد قص بالثقب على المقاطع الحرجة الموضحة بالشكل (٦-١٠) والشكل (٦-١١) ويتم حسابها في كل من الاتجاهين طبقا للمعادلات الآتية:

إجهاد القص بالثقب q_x الناتج عن العزوم M_x وباعتبار γ_{qx} معامل العزوم المنقولة باللى

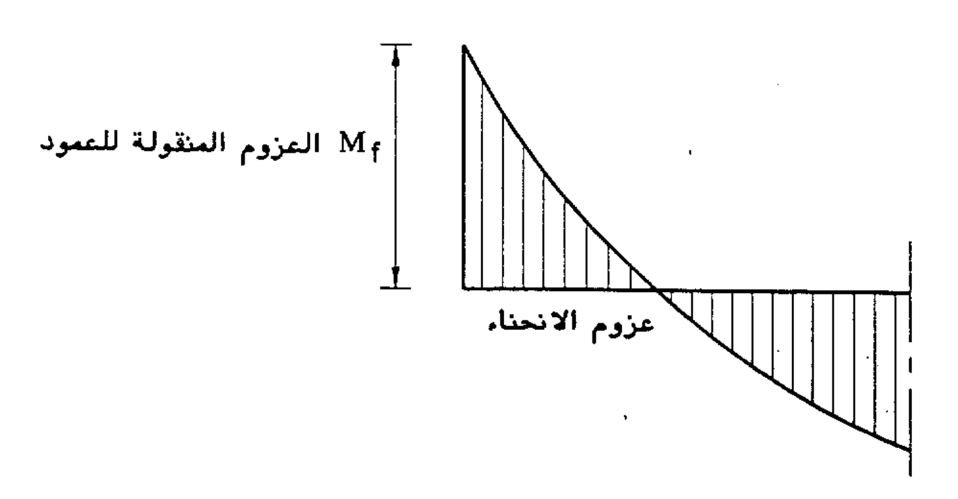
$$q_x = \frac{M_x \cdot \gamma_{qx} \cdot C_{CB}}{J_{cx}} \tag{6-22-a}$$

إجهاد القص بالثقب q_y الناتج عن العزوم M_y وباعتبار γ_{qy} معامل العزوم المنقولة باللى

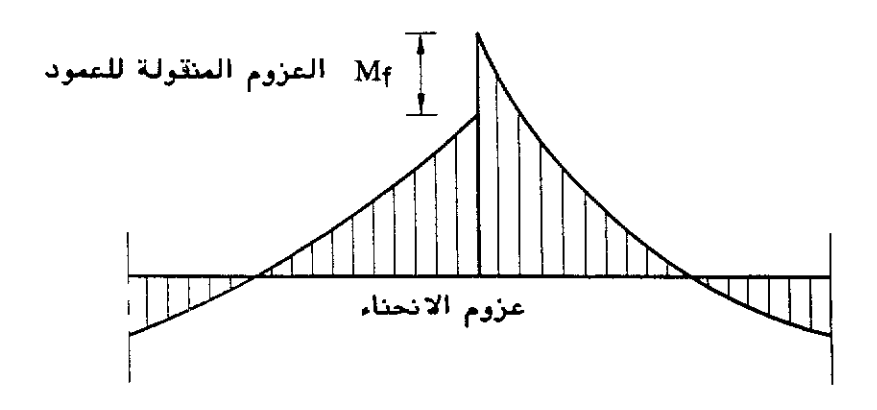
$$q_y = \frac{M_y \cdot \gamma_{qy} \cdot C_{AB}}{J_{cy}} \tag{6-22-b}$$

وتضاف هذه الإجهادات إلى إجهاد القص الثاقب الناتج عن الأحمال الرأسية طبقا للعلاقة (٤-٣١) بند (٤-٢-٢-٣) في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود أو بند (٥-٤-٣) في حالة التصميم بطريقة المرونة حيث:

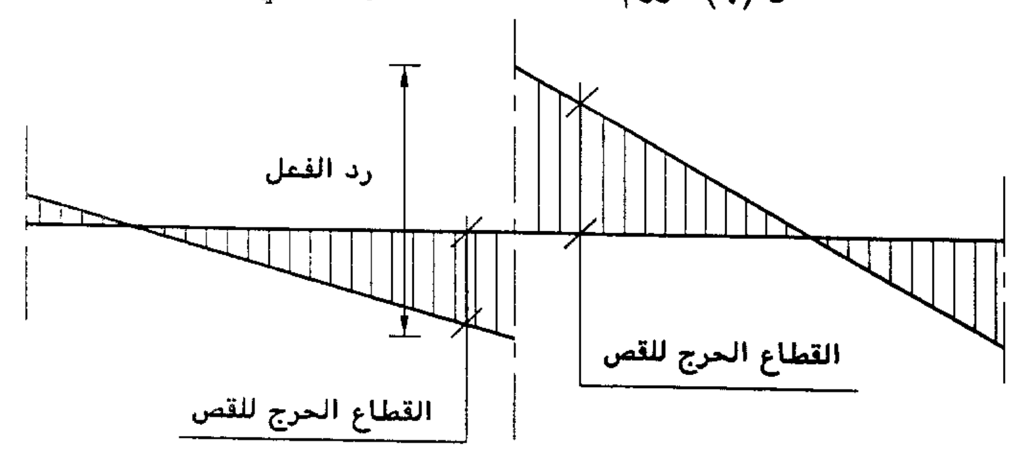
J_{cx} و J_{cy} - ثابت للقطاع الحرج فى القص يشابه عزم القصور القطبى حول محـوري x و y على الترتيب. ويبيـن الشـكلان (٦-١٠) و (٦-١١) إجهادات القص الناتجـة عن العزم M_y ويتم تحديد قيم J_{cy} كما يلي:



شكل (أ) عزوم الانحناء لحالة عمود خارجي طرفي

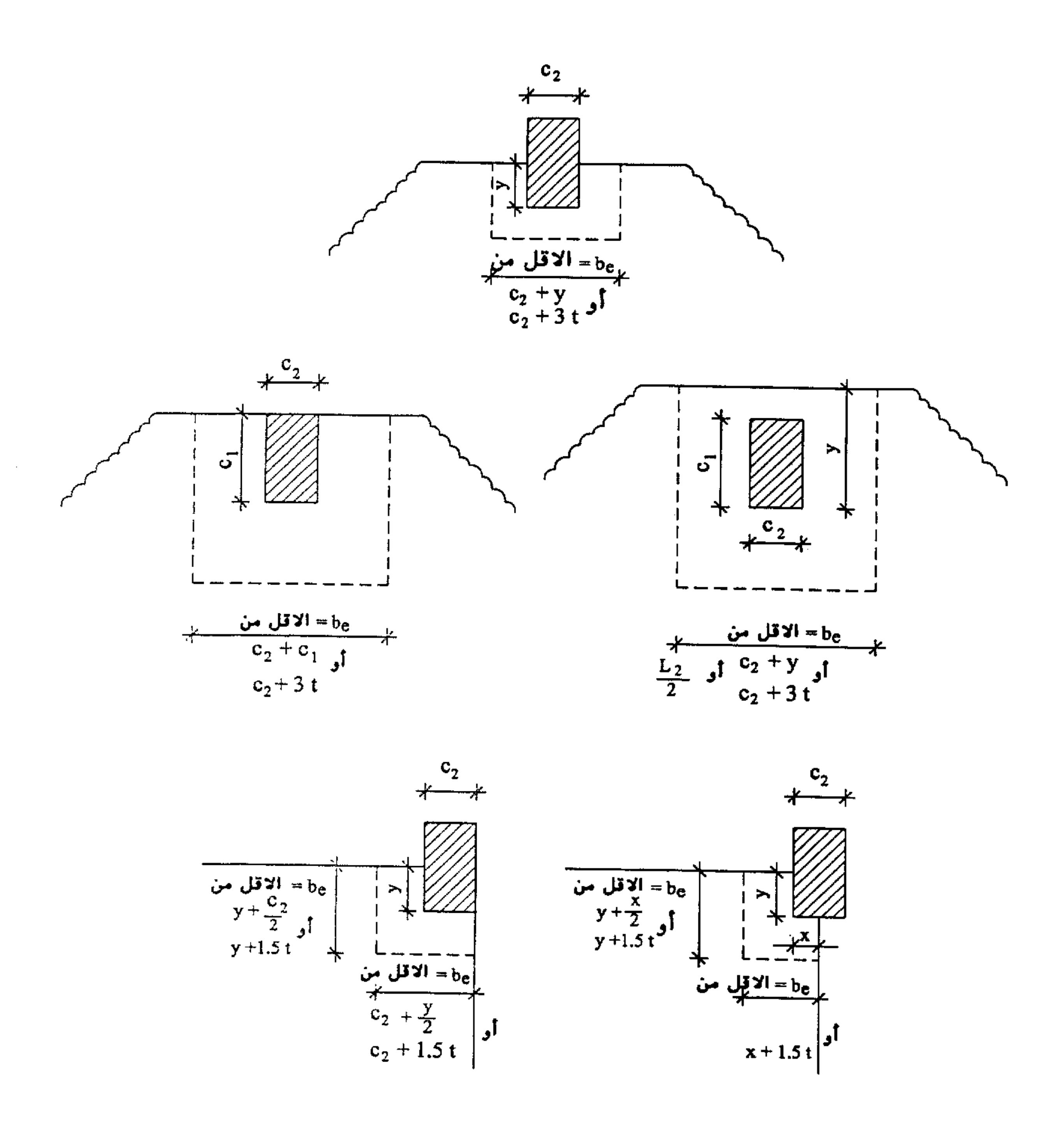


شكل (ب) عزوم الانحناء لحالة عمود داخلي



شكل (جـ) قوى القص لحالة عمود داخلي

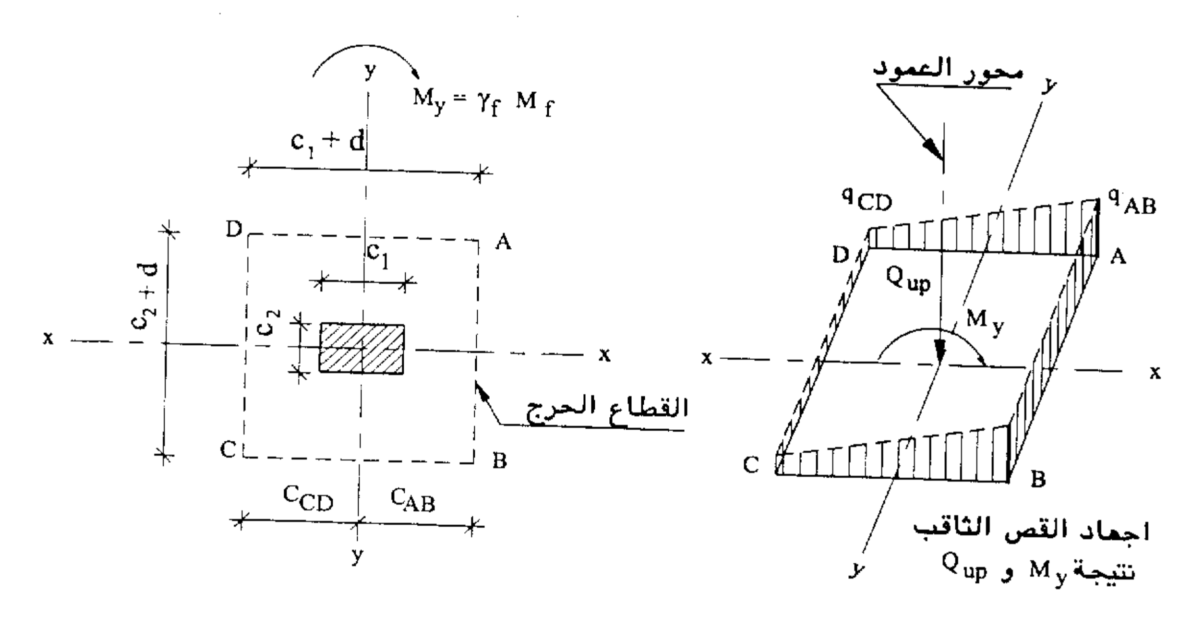
شكل (٦-٨) عزوم الانحناء وقوى القص المنقولة للأعمدة



شكل (٦-٩) عرض الشريحة b_e الناقلة لعزوم الانحناء للحالات المختلفة

١- بالنسبة للأعمدة الداخلية شكل (٦-١٠) تكون قيمة J_{cy} كالآتى:

$$J_{cy} = d\left(\frac{(c_1+d)^3}{6}\right) + d^3\left(\frac{c_1+d}{6}\right) + \frac{d\left((c_1+d)^2\ (c_2+d)\right)}{2} \qquad (6\text{-}23)$$



شكل (٦-١٠) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود داخلي)

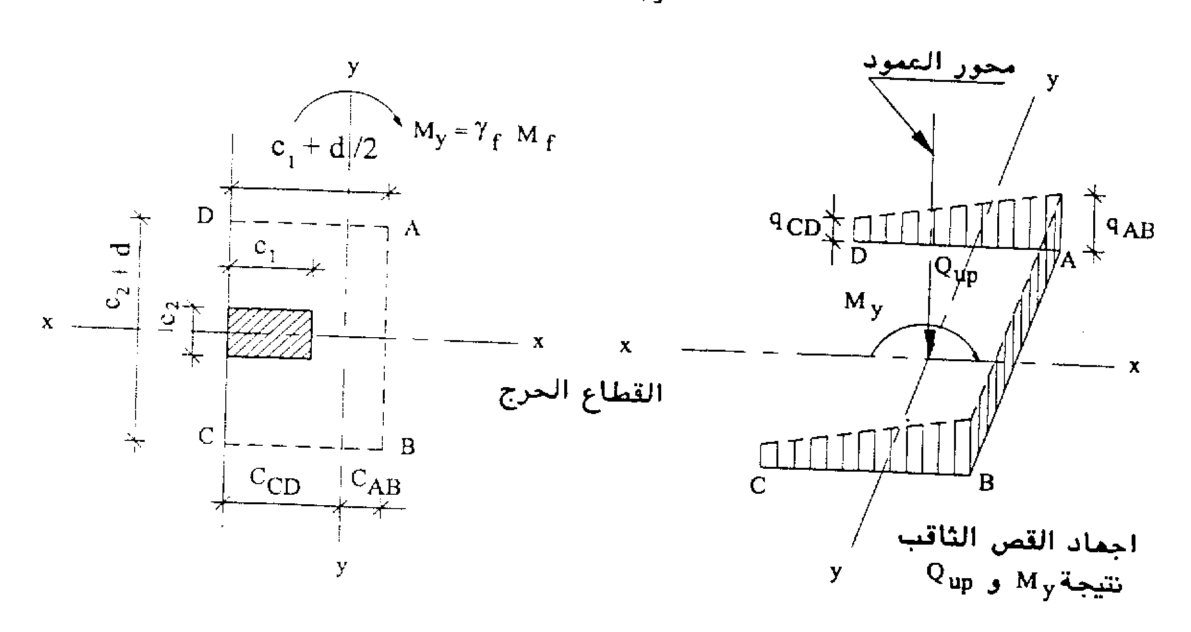
٢- فى حالة الأعمدة الطرفية شكل (٦-١١) تحسب J_{cy} من المعادلة:

$$J_{cy} = d(c_2 + d)C_{AB}^{\;2} + \left(\frac{2}{3}\right)d\,C_{CD}^{\;3} + \left(\frac{2}{3}\right)d\,C_{AB}^{\;3} + \left(\frac{1}{6}\right)(c_1 + 0.5d)\;\; d^3$$

(6-24-a)

حيث:

$$C_{AB} = \frac{(c_1 + 0.5d)^2}{[(c_2 + d) + 2(c_1 + 0.5d)]} \qquad (6\text{-}24\text{-}b)$$



شكل (٦-١١) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود طرفي)

٦-٢-٧-٧-٢ يمكن الاستغناء عن تطبيق اشتراطات البند (٦-٢-٧-٧-١) والخاص بنقل العزوم السالبة من البلاطات إلى الأعمدة فى الحالات التالية:

أ- للأعمدة الداخلية فى حالة توافر كل من الشرطين:

١- الأحمال الحية لا تزيد على ٤ كيلونيوتن/م٢.

٢- تساوى البحور المتجاورة أو اختلافها بنسبة لا تزيد على ٢٠% .

ب- للأعمدة الخارجية في حالة توافر أي من الشرطين:

١- وجود كمرة طرفية جاسئة لا يقل عمقها عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

٢- وجود بلاطة كابولية خارج الأعمدة لمسافة لاتقل عن ربع طول الباكية مقاسة من الوجه الخارجي للعمود ، ومحملة بنفس حمل البلاطة.

٦-٢-٧-٧-٣ يمكن حساب إجهادات القص الإجمالية (شاملة الاجهادات الناتجة عن تأثير انتقال عزوم الانحناء بين البلاطة المسطحة والأعمدة) باستخدام الطريقة المبسطة التالية:

$$q = \frac{Q \cdot \beta}{b_o \cdot d} \qquad (6-25)$$

حيث:

Q = قوى القص التصميمية المنقولة للعمود عند تحميل البواكي المحيطة به بكامل الحمل التصميمى

d = العمق الفعال للبلاطة

b_o = طول محيط القطاع الحرج فى القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣)

β = معامل يعتمد على تأثير لامركزية قوى القص وتؤخذ كما يلى:

$\beta = 1.15$ فى حالة الأعمدة الداخلية

$\beta = 1.30$ فى حالة الأعمدة الطرفية

$\beta = 1.50$ فى حالة الأعمدة الركنية

٦-٢-٧-٨ ترتيب التسليح في البلاطات المسطحة

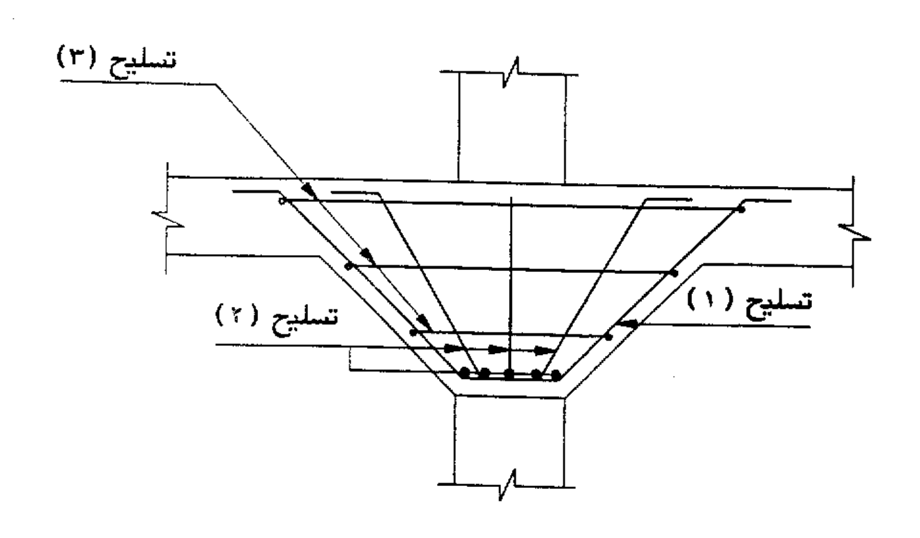
يجب أن تُسلح البلاطات المسطحة طبقا للطرق السابقة في اتجاهين ، وكما هو مبين في شكل (٧-٤) بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل ، مع مراعاة ما جاء في البند (٧-٤) ويجب مراعاة الاشتراطات الواردة بالفقرة (٦-٧-٢-١) فيما يتعلق بالشدة الزلزالية المناظرة.

٦-٢-٧-٩ تسليح تيجان الأعمدة

مع مراعاة الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين الأسياخ يجب أن تُسلح تيجان الأعمدة بالأسياخ (١) و (٢) مع ربط الأسياخ بصلب تسليح عبارة عن كانات (٣) كالمبين فى شكل (٦-١٢) التي تكون كافية لمقاومة العزوم الحانية والناتجة من أسوأ أوضاع للتحميل ، بالإضافة إلى الأحمال المباشرة المناظرة كما ورد في البند (٦-٢-٧-٤) فقرة (أ) وبند (٦-٢-٧-٥) فقرة (هـ) ، ويجب ألا تقل المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه ١ و ٢ عما يلي:

١- عندما يكون مقطع تاج العمود مستطيلا يجب ألا تقل مساحة صلب التسليح فى كل اتجاه عن (٠,٠٤) من مساحة صلب التسليح السالب في المتر لشريحة العمود من البلاطة في الاتجاه تحت الاعتبار مضروبا في طول الباكية في الاتجاه المتعامد على هذا التسليح.

٢- عندما يكون مقطع تاج العمود مستديرا يوزع مجموع صلب التسليح (١) ، (٢) المبين فى شكل (٦-١٢) والسابق إيجادها للاتجاهين على محيط العمود.



شكل (٦-١٢) تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات المسطحة

٦-٢-٧-١٠ الفتحات في البلاطات المسطحة

طبقاً للشكل (٦-١٣):

أ - يُفضل عدم عمل فتحات ضمن تيجان الأعمدة.

ب - يُسمح بتشكيل فتحات فى المساحات المشتركة بين شرائح الوسط منطقة A شكل (٦-١٣-ب) بشرط تحقيق ما يلي:

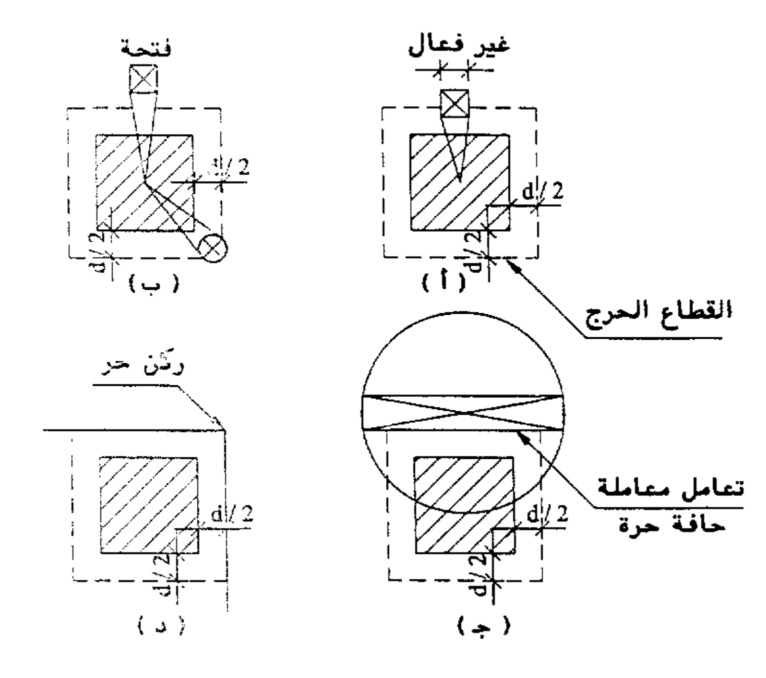
١ - ألا يزيد أكبر بعد للفتحة على ٠,٤٠ من طول الباكية في الاتجاه الموازى للمحور.

٢ - أن يعاد توزيع عزوم الانحناء التصميمية الكلية الموجبة والسالبة على باقي المنشأ بما يتلائم مع التغير الحاصل نتيجة لوجود الفتحة.

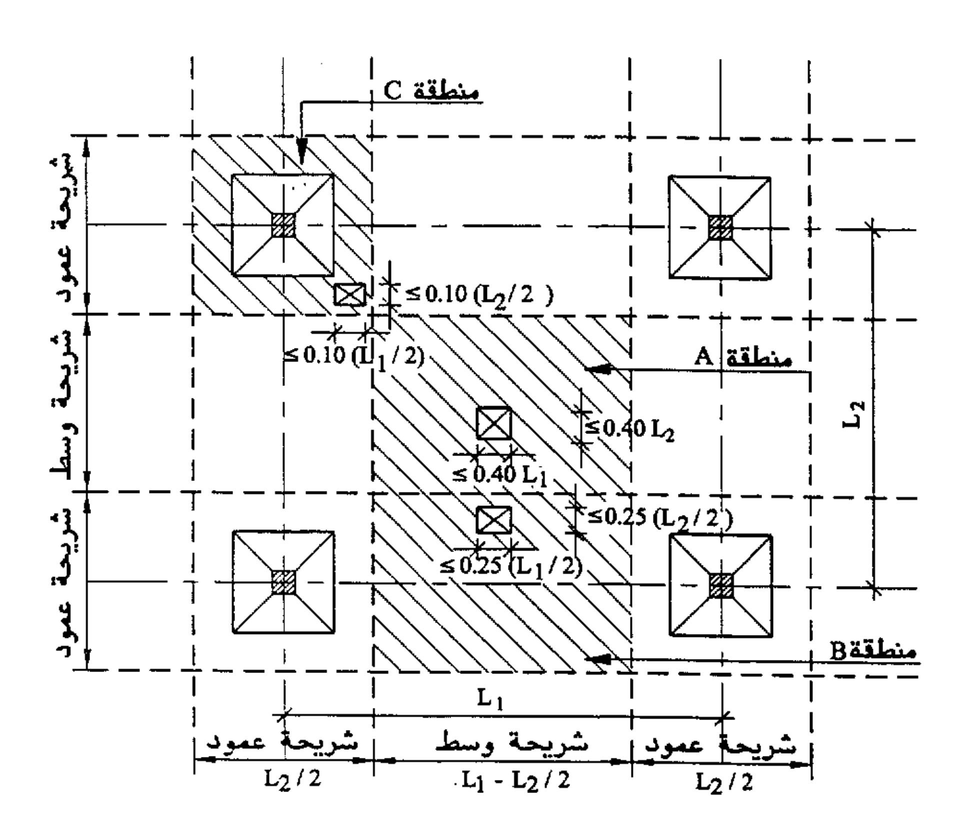
جـ- يُسمح بتشكيل فتحات في المساحة المشتركة بين شريحة عمود وشريحة وسط منطقة B شكل (٦-١٣-ب) بشرط تحقيق مايلى:

١- ألا يزيد طول الفتحة الكلى أو عرضها على ربع عرض الشريحة فى أى من الاتجاهين.

٢- أن يكون قطاع أى من الشريحتين فى منطقة الفتحة قادر على مقاومة العزوم التصميمية.



شكل (٦-١٣ - أ) تأثير الفتحات فى البلاطات المسطحة على القطاع الحرج للقص الثاقب



شكل (٦-١٣- ب) أماكن و أبعاد الفتحات المسموح بها في البلاطات المسطحة

د- يسمح بتشكيل فتحات في المساحة المشتركة بين شريحتي عمود منطقة C شكل (٦-١٣-ب) بشرط تحقيق ما يلي:

١- ألا يزيد طول الفتحة الكلى أو عرضها على ٠,١٠ من عرض شريحة العمود فى أي من الاتجاهين.

٢- أن يكون قطاع أي من الشريحتين في منطقة الفتحة قادر على مقاومة العزوم التصميمية.

٣- يمكن تخفيض قيم الحمل الحي المستخدم لأغراض حساب إجهاد القص بمقدار يساوى تأثير الفتحة التي تقطع المحيط المذكور شكل (٦-١٣-أ).

هـ- في حالة زيادة أبعاد الفتحات فى البلاطات المسطحة عن النسب الواردة في الفقرات أ ، ب ، جـ ، د ، يجب عمل حسابات إنشائية دقيقة تحقق شروط المقاومة وحالات حدود التشغيل.

٦-٣ الكمرات Beams

يتضمن هذا الجزء الكمرات التالية:

١- الكمرات العادية.

٢- الكمرات العميقة.

٦-٣-١ الكمرات العادية

٦-٣-١-١ اشتراطات عامة

تسرى بنود هذا الفصل على الكمرات غير العميقة والتى تقل نسبة عمقها إلى بحرها الفعال عن ٠,٨٠ للكمرات بسيطة الإرتكاز وعن ٠,٤٠ للكمرات المستمرة.

٦-٣-١-٢ البحر الفعال

١- البحر الفعال للكمرات بسيطة الارتكاز

يؤخذ البحر الفعال للكمرات بسيطة الارتكاز مساوياً للقيمة الأقل من:

أ - المسافة بين محاور الركائز (Supports).
ب- البحر الخالص بين الركائز (Supports) مضافاً إليه عمق الكمرة.
جـ- ١,٠٥ البحر الخالص.

٢- البحر الفعال للكمرات المستمرة

أ- الكمرات المصبوبة ميليثيا مع الركائز.

يؤخذ البحر الفعال للكمرات المستمرة مساوياً للمسافة بين محاور الركائز أو ١,٠٥ من البحر الخالص أيهما أصغر.

ب- الكمرات المرتكزة على ركائز مبانى.

يؤخذ البحر الفعال مساوياً للمسافة بين محاور الركائز أو البحر الخالص مضافاً إليه عمق الكمرة أيهما أصغر.

٣- البحر الفعال للكابولى

يؤخذ البحر الفعال للكابولى مساوياً للقيمة الأقل من :

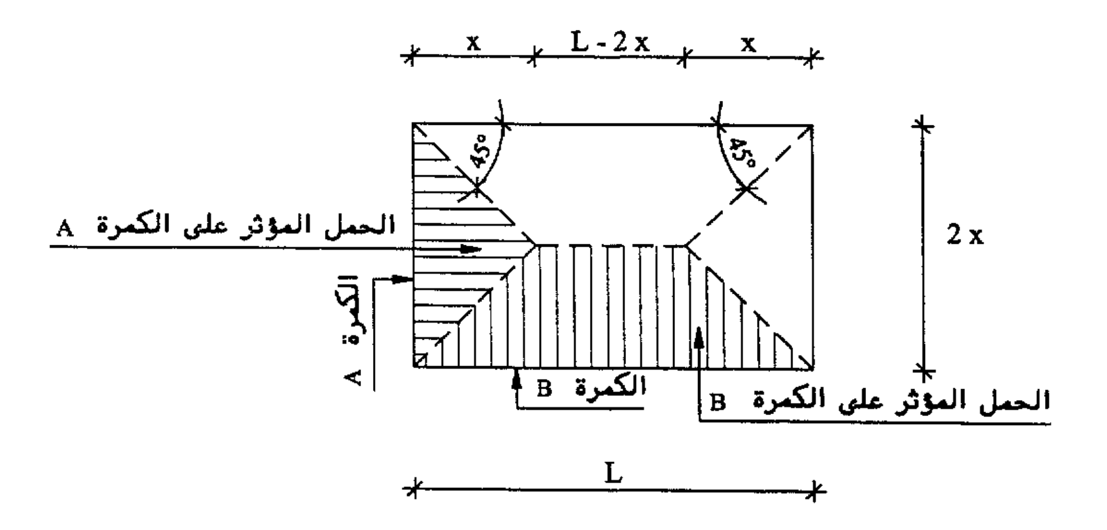
- طول الكابولى مقاسا من محور الركيزة.
- الطول الخالص للكابولى مضافا إليه العمق الأكبر للكابولى.

٦-٣-١-٣ توزيع الأحمال على الكمرات

يمكن حساب أحمال البلاطات المنقولة إلى الكمرات من واقع المساحات المحددة بخطوط منصفات الزوايا عند أركان أى باكية كما هو مبين في الشكل (٦-١٤) إلا أنه يمكن افتراض أن هذه الأحمال موزعة بانتظام على طول بحر الكمرات - فيما عدا الكمرات الكابولية - بالكيفية التالية:

بفرض أن w = حمل البلاطة المنتظم المتساوى التوزيع على وحدة المساحة

L = طول بحر الكمرة بين محاور الركائز



شكل (٦-١٤) أحمال البلاطات المؤثرة على الكمرات

يكون α wx = الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المفروضة) وذلك لحساب عزوم الانحناء فى الكمرات عندما تكون أكبر شدة للحمل الأصلي في منتصف البحر وأن يغطى توزيع الحمل بحر الكمرة بالكامل.

β wx = الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المفروضة) عند حساب قوى القص وردود الأفعال فى الكمرات وكذلك عزوم الانحناء للأحمال التي لاتفى بالشروط المبينة في حالة استعمال المعامل α.

وتؤخذ قيم α و β من الجدول (٦-٦) .

جدول (٦-٦) قيم المعاملات α و β لتقدير الأحمال المنتظمة

المكافئة للأحمال الأصلية المفروضة على الكمرات

$\frac{L}{2X}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.667	0.725	0.769	0.803	0.830	0.853	0.870	0.885	0.897	0.908	0.917
β	0.500	0.554	0.582	0.615	0.642	0.667	0.688	0.706	0.722	0.737	0.750

٦-٣-١-٤ طريقة التحليل الإنشائى

يجب أن تكون القوى والأفعال والعزوم الداخلية المحسوبة بأى طريقة من طرق التحليل الإنشائي متزنة مع الأحمال التصميمية.

تُستخدم طريقة التحليل الخطى المرن (Linear elastic analysis) لإيجاد القوى والأفعال والعزوم الداخلية فى الكمرات لحالتى التصميم بطريقة المرونة أو طريقة حالات الحدود ويجوز إعادة توزيع العزوم طبقا للبند (٤-٢-١-٢-جـ).

٦-٣-١-٥ جساءة الانحناء Flexural Rigidity

يمكن تقدير الجساءة النسبية عند استخدام طريقة التحليل الخطى المرن على أساس القطاع الخرساني بكامله دون اعتبار تأثير التسليح أى E_cI_g حيث يتم حساب E_c طبقا للبند (٢-٣-٣-١). ويعتبر التحليل الإنشائى على هذا الأساس كافيا بوجه عام . ويجوز استخدام فروض أخرى تأخذ في الحسبان تأثير الشروخ على الجساءة مثل E_cI_g للأعمدة و $\frac{1}{2}\ E_cI_g$ للكمرات، وفى جميع الأحوال يجب استخدام أساس واحد لتقدير الجساءة لجميع أجزاء المنشأ وفى حالة القطاعات على شكل حرف T أو L يتم أخذ عرض الشفة مساوى نصف عرض الشفة طبقا للبند (٦-٣-١-٩).

٦-٣-١-٦ العزوم وقوى القص فى الكمرات المستمرة

يمكن حساب عزوم الانحناء في الكمرات المستمرة بفرض أن الكمرات مرتكزة على ركائز ذات حافة سكينية جاسئة (Rigid knife edge supports) وفى حالة الكمرات المستمرة متساوية العمق والبحر والمعرضة لأحمال منتظمة التوزيع أو تتفاوت فيها

قيم البحور أو الأحمال بحد أقصى ٢٠% من القيمة الصغرى للبحرين المتجـــاورين ، يمكـــن فرض القيم التالية لعزوم الانحناء على أنه لا يجوز في هذه الحالة إعادة توزيع العزوم.

أ- الكمرات ذات البحرين

أقصى عزم انحناء: ($M = \frac{wL^2}{K_m}$) وتؤخذ قيم K_m كما هو موضح بالشـــــكل (٦-١٥-أ) حيث L قيمة البحر الفعال.

قيم K_m

-24 | 11 | -9 | 11 | -24

شكل (٦-١٥-أ) معاملات الانحناء K_m فى الكمرات ذات البحرين

أقصى قوة قص: ($Q = K_q\ wL$) ، وتؤخذ قيم K_q كما هو موضح بالشكل (٦-١٥-ب).

قيم K_q

0.40 | 0.60 0.60 | 0.40

شكل (٦-١٥-ب) معاملات القص K_q فى الكمرات ذات البحرين

ب - الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

أقصى عزم انحناء: ($M = wL^2 / K_m$) وتؤخذ قيم K_m كما هو موضح بالشـــــكل (٦-١٥- جـ) حيث L قيمة البحر الفعال.

قيم K_m

-24 | 12 | -10 | 16 | -12

شكل (٦-١٥-جـ) معاملات الانحناء K_m في الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

وعند حساب عزوم الانحناء السالبة فوق أى ركيزة تؤخذ قيم المتوسط الحسابي للبحرين والحملين على جانبي هذه الركيزة.

أقصى قوة قص : $(Q = K_q\ wL)$ ، وتؤخذ قيم K_q كما هو موضح بالشكل (٦-١٥-د).

شكل (٦-١٥-د) معاملات القص K_q فى الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

- يجب حساب عزوم الانحناء السالبة في منتصف البحور عند تعرض الكمرات المستمرة لأحمال حية ثقيلة تبعا لنظرية الكمرات المستمرة على ركائز سكينية جاسئة، على أن يُسمح بتخفيض العزوم السالبة للأحمال الحية فقط في منتصف البحور إلى ثُلثى قيمتها وذلك نتيجة لجساءة الأعمدة أو الكمرات المصبوبة ميليثياً الحاملة لها.

وفى حالة تساوى البحور الواقعة تحت تأثير أحمال حية ثقيلة ($p > 1.5g$) يمكن حساب عزوم الوسط السالبة في البحور الداخلية كما يلي:

$$M_{min} = \left(g - \left(\frac{2}{3}\right)p\right)\left(\frac{L^2}{24}\right) \qquad (6\text{-}26)$$

حيث L = طول أكبر البحرين المتجاورين

p = الحمل الحى منتظم التوزيع فى وحدة الطول

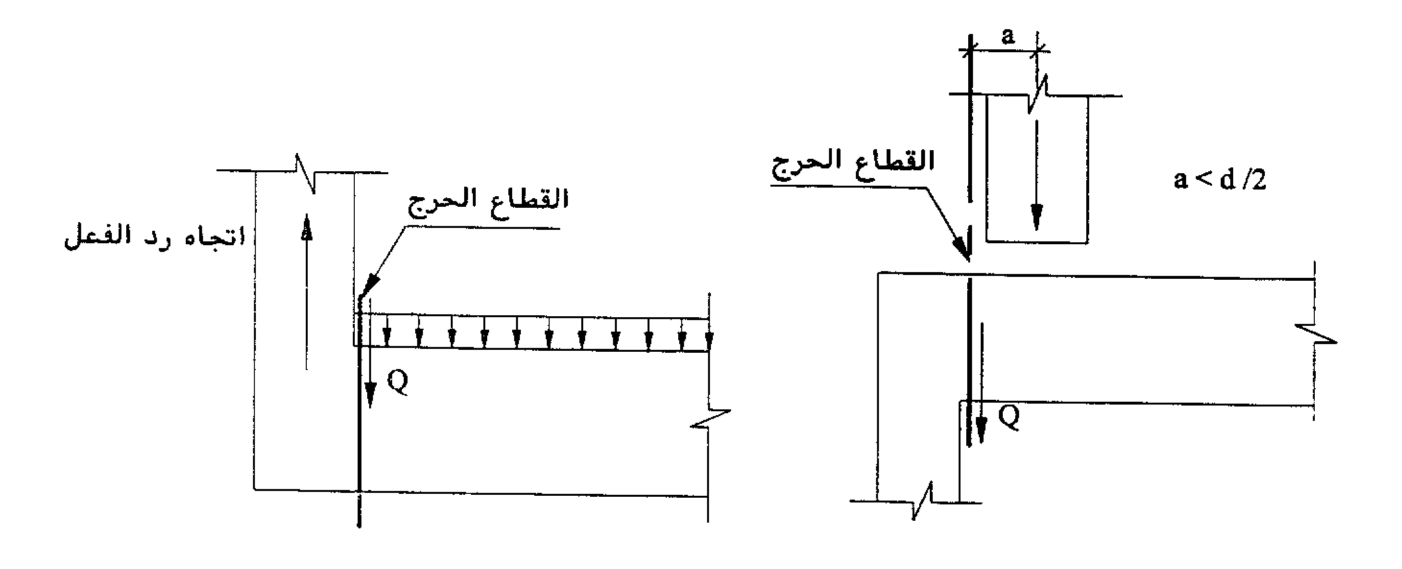
g = الحمل الدائم منتظم التوزيع فى وحدة الطول

٦-٣-١-٧ القطاعات الحرجة للعزوم وقوى القص

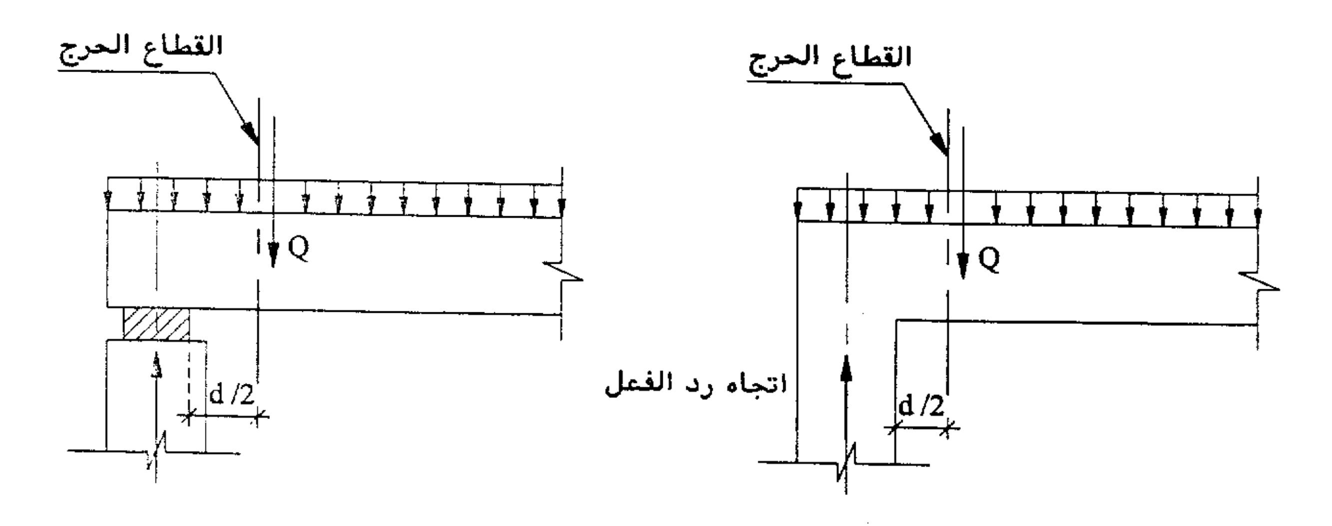
١- فى الكمرات المصبوبة ميليثيا يؤخذ القطاع الحرج للعزوم عند وجه الركيزه.

٢- يؤخذ القطاع الحرج لقوى القص عند وجه الركائز (شكل ٦-١٦) فيما عدا الحالات المذكورة في الفقرة (٦-٣-١-٧-٣).

٣- يؤخذ القطاع الحرج للقص على مسافة من وجه الركيزة تساوى نصف عمق الكمرة الفعال في الحالات التي يحدث فيها ضغط ناتج عن رد فعل الركيزة فى هذه المسافة كما هو مبين بالشكل (٦-١٧).



شكل (٦-١٦) القطاع الحرج في القص عند وجه الركيزة



شكل (٦-١٧) القطاع الحرج للقص على مسافة d/2 من وجه الركيزة

٦-٣-١-٨ حد النحافة

يجب ألا يتعدى الطول غير المرتكز في الاتجاه العرضي مقاسا بين نقط الانقلاب عـن القيم التالية:

أ - للكمرات بسيطة الارتكاز أو المستمرة $40 \ b_c$ أو $\frac{200 b_c^2}{d}$ أيهما أقل.

ب- للكمرات الكابولية الممنوعة من الحركة جانبيا عند الركيزة فقط $20 \ b_c$ أو $\frac{80 b_c^2}{d}$ أيهما أقل.

حيث:

b_c = عرض الكمرة عند الوجه المعرض للضغط

d = العمق الفعال

٦-٣-١-٩ العرض الفعال لشفة القطاعات على شكل حرف T أو L

للكمرات على شكل حرف T أو L يقدر العرض الفعال من البلاطة بأصغر قيمة مما يلي :

$$\frac{L_2}{5} + b \text{ أو } 16t_s + b \quad (6\text{-}27\text{-}a)$$ للكمرات على شكل حرف T

$$\frac{L_2}{10} + b \text{ أو } 16t_s + b \quad (6\text{-}27\text{-}b)$$ للكمرات على شكل حرف L

حيث L_2 هي المسافة بين نقطتي الانقلاب ويمكن تقديرها بقيمة ٠,٧٠ من البحر الفعال في الكمرات المستمرة من الطرفين، ٠,٨٠ من البحر الفعال في الكمرات المستمرة من طرف واحد ولا يزيد العرض الفعال على عرض الجذع b مضافا إليه نصف المسافة بين الكمرتين المجاورتين من الجانبين. وفى حالة مشاركة الأسقف الخرسانية المتصلة بالكمرات في مقاومة قوى الضغط التي تتعرض لها الكمرات يجب ألا يقل سمك البلاطة عن ٨٠ مم.

٦-٣-١-١٠ شروط عامة

- لكي يمكن اعتبار الكمرة في التصميم أنها على شكل حرف T أو L يجب صب البلاطة ميليثيا مع الكمرة أو ربطهما معا بطريقة فعالة.
- يجب ألا يقل التسليح العلوي في الشفة فى الاتجاه والعمودي على اتجاه الجذع عن ٠,٣٠% من مساحة مقطع البلاطة ، وذلك لضمان الفعل الميليثى بين الشفة والجذع ، كما يجب أن يستمر التسليح بالعرض الكامل للشفة المذكورة في البند (٦-٣-١-٩) ويجب ألا تزيد المسافة بين أسياخ هذا التسليح على ٢٠٠مم.
- يجب أن تمتد الكانات من الجذع إلى السطح النهائي للشفة لضمان الفعل المليثى بين الشفة والجذع.

- عندما يستعمل قطاع على شكل حرف T للكمرات المنعزلة بغرض تزويد القطاع بمساحة ضغط إضافية ، يجب ألا تقل تخانة الشفة عن نصف عرض الجذع وألا يزيد العرض الفعال للشفة على أربعة أمثال عرض الجذع.
- تُزود الكمرات التي يزيد عمقها على ٧٠٠ مم بأسياخ انكماش جانبية ، ويمكن اختيار مساحتها بحيث تكون ٨ % من مساحة تسليح الشد على ألا تزيد المسافة بينها على ٣٠٠مم.

٦-٣-١-١١ النسبة الدنيا للتسليح الرئيسي

لا تقل نسبة التسليح بالكمرة عن ما هو مذكور بالبند (٤-٢-١-٢- ز).

٦-٣-٢ الكمرات العميقة Deep Beams

٦-٣-٢-١ تعريف

تُعتبر الكمرة عميقة وتسرى عليها اشتراطات هذا البند اذا زادت نسبة عمقها الى بحرها الفعال على القيم التالية:

$$\frac{d}{L} \geq 0.8 \quad \text{للكمرات بسيطة الإرتكاز} \qquad (6\text{-}28\text{-}a)$$

$$\frac{d}{L} \geq 0.4 \quad \text{للكمرات المستمرة} \qquad (6\text{-}28\text{-}b)$$

حيث:

d = العمق الفعال للقطاع

L = البحر الفعال للكمرة

٦-٣-٢-٢ ذراع العزم Lever Arm

يقدر ذراع العزم y_{ct} في الكمرات العميقة طبقا لما يلي على ألا يزيد على ٠,٨٧ من العمق الفعال d .

١- للكمرات بسيطة الارتكاز

$$y_{ct} = 0.86\ L \qquad (6\text{-}29\text{-}a)$$

٢- للكمرات المستمرة

أ- عند منتصف البحر:

$$y_{ct} = 0.43\ L \qquad (6-29-b)$$

ب- عند الارتكاز الداخلي:

$$y_{ct} = 0.37\ L \qquad (6-29-c)$$

٦-٣-٢-٣ النسبة الدنيا للتسليح الرئيسي

لا تقل نسبة التسليح بالكمرة عما ورد في البند (٤-٢-١-٢-ز).

٦-٤ الأعمدة Columns

٦-٤-١ تعاريف

أ- الأعمدة هي أعضاء الضغط التي يزيد ارتفاعها أو طولها في اتجاه قوة الضغط على خمسة أمثال البعد الأصغر للقطاع ، ولا يزيد أكبر بعد للقطاع على خمسة أمثال البعد الأصغر في القطاعات المستطيلة . ويشمل ذلك الأعمدة غير المستطيلة كالدائرية أو المضلعة أو الأعمدة المكونة من قطاعات مركبة من مستطيلات بحيث لا يزيد الطول في أي اتجاه لكل مستطيل على خمس أمثال العرض لهذا المستطيل ، وإلا اعتبرت هذه الأعضاء حوائط كما هو موضح بالبند (٦-٥).

ب- تُصمم الأعمدة المقيدة وغير المقيدة طبقا للبند (٤-٢-١-٣) أو البند (٥-٣-٣) ، مع الأخذ في الاعتبار العزوم المؤثرة على العمود طبقا للبند (٦-٤-٥) أو العزوم الناتجة عن الحد الأدنى لقيمة اللامركزية للأحمال طبقا للبند (٦-٤-٣) أيهما أكبر.

٦-٤-٢ المباني المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا

أ- يُعتبر المبنى مقيدا إذا كان مزودا بعناصر تدعيم عبارة عن حوائط خرسانية مستمرة بكامل ارتفاع المبنى بحيث تكون موزعة توزيعا متماثلا فى المسقط الأفقى للمبنى وتستوفى ما يلى:

- فى حالة مبنى مكون من ٤ طوابق أو أكثر :

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} < 0.6 \qquad (6\text{-}30\text{-}a)$$

- فى حالة مبنى مكون من أقل من ٤ طوابق

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} < 0.2 + 0.1\,n \qquad (6\text{-}30\text{-}b)$$

حيث:

H_b = الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح العلوى للأساسات

N = مجموع أحمال التشغيل للمبنى المؤثرة على جميع العناصر الرأسية

$\sum EI$ = مجموع جساءة الانحناء (Flexural rigidity) للحوائط الخرسانية الرأسية المشتركة في تدعيم المبنى فى الاتجاه تحت الاعتبار

n = عدد الطوابق للمبنى

ب - يجب أن تكون الحوائط الخرسانية المستخدمة فى التحقق من المعادلة (٦-٣٠) متصلة بالأساسات اتصالا يسمح بنقل جميع القوى الأفقية والعزوم الناتجة عنها بالكامل إلى الأساسات.

٦-٤-٣ الحد الأدنى لمقدار اللامركزية للأحمال

فى جميع الأحوال يجب ألا يقل مقدار اللامركزية للأحمال المأخوذة فى حساب القطاع عن أقل قيمة مما يلى:

أ- ٠,٠٥ من بعد قطاع العمود فى إتجاه هذا البعد.

ب- ٢٠ مم.

٦-٤-٤ الأعمدة القصيرة

أ- تُعتبر الأعمدة قصيرة إذا قلت نسبة النحافة λ لقطاع العمود عن القيم الواردة فى الجدول (٦-٧) ، على أن تحسب نسبة النحافة λ للقطاع المستطيل فى الاتجاهين وتساوى $(\lambda_b = \frac{He}{b})$ و $(\lambda_t = \frac{He}{t})$ وتؤخذ فى القطاع الدائري $(\lambda_D = \frac{He}{D})$.

وفى الحالة العامة يجب استخدام معامل النحافة $(\lambda_i = \frac{He}{i})$ حيث:

i = نصف قطر القصور الذاتى لقطاع العمود ، ويؤخذ طبقاً للعلاقة التالية:

للأعمدة المستطيلة $i = 0.30\ b$ (6-31-a)

للأعمدة الدائرية $i = 0.25\ D$ (6-31-b)

H_e = طول الإنبعاج الفعال للعمود فى الاتجاه تحت الاعتبار

t و b = أبعاد مقطع العمود المستطيل

D = قطر العمود الدائرى

ب- فى المباني غير المقيدة تؤخذ العزوم التصميمية على الأعمدة القصيرة طبقاً للبند (٦-٤-٥-٣-أ).

جدول (٦-٧) حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة القصيرة

حالة العمود	نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة λ_b or λ_t	نسبة النحافة للأعمدة الدائرية λ_D	معامل النحافة λ_i
مقيد	15	12	50
غير مقيد	10	8	35

٦-٤-٥ الأعمدة النحيفة

الأعمدة النحيفة هى الأعمدة التى يزيد نسبة النحافة λ لها على القيم الواردة فى الجدول (٦-٧)، بشرط ألا تزيد نسبة النحافة λ لأى عمود على القيم الواردة فى الجدول (٦-٨).

جدول (٦-٨) حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة النحيفة

حالة العمود	نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة λ_b or λ_t	نسبة النحافة للأعمدة الدائرية λ_D	معامل النحافة λ_i
مقيد	30	25	100
غير مقيد	23	18	70

٦-٤-٥-١ طول الانبعاج

١- في حالة الأعمدة المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[0.7 + 0.05\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \le H_o \qquad (6\text{-}32\text{-}a)$$

أو

$$H_e = H_o\,[0.85 + 0.05\,(\alpha_{min})] \le H_o \qquad (6\text{-}32\text{-}b)$$

وفى حالة الأعمدة غير المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[1.0 + 0.15\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \ge H_o \qquad (6\text{-}33\text{-}a)$$

أو

$$H_e = H_o\,[2.0 + 0.3\,(\alpha_{min})] \ge H_o \qquad (6\text{-}33\text{-}b)$$

وتُحسب قيمة α من العلاقة

$$\alpha = \frac{\sum \frac{E_c\, I_c}{H_o}}{\sum \frac{E_c\, I_b}{L_b}} \qquad (6\text{-}34)$$

حيث:

H_o هو ارتفاع العمود و α_{min} هي القيمة الأصغر من α_1 عند الطرف السفلى و α_2 عند الطرف العلوى للعمود على التوالى ، مع اعتبار الحد الأقصى لقيم α هو (١٠) للعناصر المثبتة مفصليا والحد الأدنى هو(١) للعناصر المثبتة تثبيتا كليا.

٢- تُحسب قيمة EI طبقا للبند (٦-٣-١-٥) وباعتبار العناصر الإنشائية المتصلة ميليثيا مع العمود عند نهايتيه فى مستوى التحليل ، ويمكن استخدام الفروض البسيطة الواردة فيما بعد فى الحالات المناسبة.

أ - في البلاطات المسطحة تُحسب قيمة EI للبلاطة على أساس كمرة مكافئة ذات عرض وسمك مساو لعرض وسمك شريحة العمود في اتجاه التحليل.

ب - تؤخذ قيمة α تساوى ١٠ عند طرف العمود المتصل بقاعدة غير مصممة لمقاومة عزوم العمود.

٣ - يجوز استخدام القيم الواردة في الجدولين (٦-٩) و (٦-١٠) في المباني العادية وذلك للأعمدة المقيدة وغير المقيدة.

وتُعرف الحالات الواردة في الجدولين (٦-٩) و (٦-١٠) كما يلي:

حالة ١ - طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثيا مع كمرات أو بلاطات ذات عمق لا يقل عن بعد العمود في اتجاه التحليل، والطرف المتصل بالأساس يعتبر ضمن هذه الحالة إذا كان الأساس مصمما لتحمل العزوم.

حالة ٢- طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثيا مع كمرات أو بلاطات عمقها أقل من بعد قطاع العمود أو الحائط في اتجاه التحليل.

حالة ٣ - طرف العمود أو الحائط متصل بأعضاء غير مصممة لمنع الدوران ولكن لتعطي بعض المقاومة.

حالة ٤ - العمود غير مقيد لمنع الحركة الأفقية أو الدوران مثل الأعمدة الكابولية.

جدول (٦-٩) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة المقيدة

حالة الطرف عند الطرف العلوي	حالة الطرف عند الطرف السفلي		
	1	2	3
1	0.75	0.80	0.90
2	0.80	0.85	0.95
3	0.90	0.95	1.00

جدول (٦-١٠) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة غير المقيدة

حالة الطرف عند الطرف العلوي	حالة الطرف عند الطرف السفلي 1	2	3
1	1.20	1.30	1.60
2	1.30	1.50	1.80
3	1.60	1.80	—
4	2.20	—	—

٦-٤-٥-٢ الأعمدة النحيفة المقيدة جانبياً

أولاً : العزوم الإضافية الناتجة عن الإنبعاج M_{add}

يؤخذ تأثير الانبعاج في الأعمدة النحيفة باعتبار عزم إضافى كما هو موضح بشكل (٦-١٨) ويقدر من المعادلة التالية:

$$M_{add} = P.\delta \qquad (6\text{-}35)$$

حيث تؤخذ δ كالآتى:

- في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه t من العمود

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_t \, . \, t}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}a)$$

- في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه b من العمود

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_b \, . \, b}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}b)$$

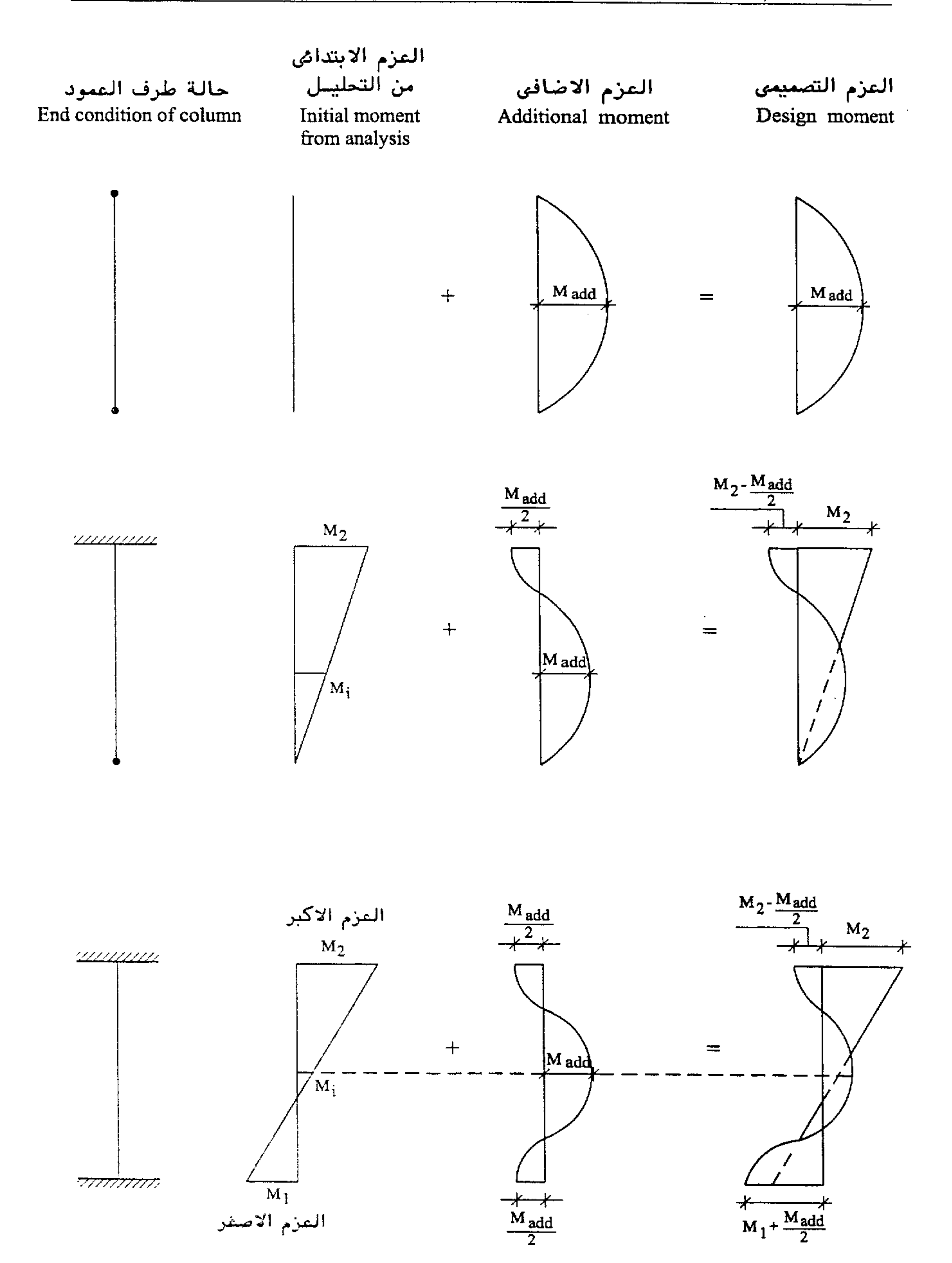
- في حالة الأعمدة الدائرية ذات القطر D

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_D \, . \, D}{2000} \qquad (6\text{-}36\text{-}c)$$

- وفى الحالة العامة

$$\delta = \frac{\lambda^2{}_i \, . \, t'}{30000} \qquad (6\text{-}36\text{-}d)$$

حيث t' = طول الضلع في اتجاه الإنبعاج.



شكل (٦-١٨) العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة المقيدة جانبياً

ثانياً : العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة والمعرضة لانحناء حول محور واحد

أ – في الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء حول محور واحد (المحور الأساسي أو المحور الثانوى) كما هو موضح بشكل (٦-١٨) تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للأكبر من:

$1-\ M_2$ $\qquad$ $2-\ M_i + M_{add}$

$3-\ M_1 + (M_{add}/2)$ $\qquad$ $4-\ P.\ e_{min}$ $\qquad$ (6-37)

حيث يُقدر العزم الابتدائي M_i عند المقطع الحرج بالقرب من منتصف ارتفاع العمود من العلاقة التالية:

$$M_i = 0.4\ M_1 + 0.6\ M_2 \geq 0.4\ M_2 \qquad (6\text{-}38)$$

وتؤخذ إشارة M_1 سالبة في المعادلة (٦-٣٨) في حالة الأعمدة ذات الانحناء المزدوج

ب – في حالة الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء حول المحور الأساسي فقط يُصمم العمود على أساس أنه معرض لعزوم ابتدائية مزدوجة طبقاً للبند (٦-٤-٦) باعتبار أن العزم الابتدائي M_i حول المحور الثانوي مساوياً للصفر.

جـ – في حالة حساب المبني على أنه مكون من كمرات وأعمدة، وبشرط عدم تعرض الأعمدة إلى عزوم ناتجة عن الحيود الجانبي(Side sway) يمكن تقدير العزوم على الأعمدة بطريقة مبسطة كما يلي:

١ – تُعتبر العزوم الحانية M_1 و M_2 مساوية للصفر في حالة الأعمدة الداخلية التي تحمل مجموعة من الكمرات متماثلة الوضع والتحميل تقريباً. وفي حالة المنشآت ذات البلاطات المسطحة (اللاكمرية) تُحسب عزوم الانحناء للأعمدة الداخلية طبقاً للبند (٦-٢-٧-٤) أو البند (٦-٢-٧-٥) وفى جميع الحالات يؤخذ العزم التصميمي طبقاً للمعادلة (٦-٣٧).

٢ – تُقدر العزوم الجانبية في الأعمدة الخارجية طبقاً للقيم المبينة بالجدول (٦-١١).

جدول (٦-١١) قيم العزوم للأعمدة الخارجية

أماكن العزوم في الأعمدة	العزوم في حالة الإطارات ذات الباكية الواحدة	العزوم في حالة الإطارات ذات الباكيتين أو أكثر
العزم عند أسفل العمود العلوى	$\frac{K_u.M_f}{K_l + K_u + 0.50K_b}$	$\frac{K_u.M_f}{K_l + K_u + K_b}$
لعزم عند أعلى العمود السفلي	$\frac{K_l.M_f}{K_l + K_u + 0.50K_b}$	$\frac{K_l.M_f}{K_l + K_u + K_b}$

حيث M_f هو العزم الحاني الطرفي للكمرة التى تكون إطاراً مع العمود بفرض أنها كاملة التثبيت عند طرفيها.

ويمكن استعمال المعادلات المبينة بالجدول (٦-١١) والخاص بالعزوم عند أعلى العمود السفلي لإيجاد العزوم عند النهاية العلوية لأعمدة الطابق الأخير باعتبار K_u تساوى صفر.

حيث:

K_u = كزازة العمود العلوي $$K_u = \frac{4EI_u}{h_u}$$

K_l = كزازة العمود السفلي $$K_l = \frac{4EI_l}{h_l}$$

K_b = كزازة الكمرة $$K_b = \frac{4EI_b}{L_b}$$

h_l, h_u = ارتفاع العمود العلوي والسفلي على التوالي

L_b = طول الكمرة

I_u و I_l و I_b = عزم القصور الذاتي للعمود العلوي والسفلي والكمرة على التوالي

وقد بنيت تقديرات هذه العزوم على الافتراضات التالية:

أ – عزم القصور الذاتي ثابت لكل عنصر.

ب – نقط إتصال الأعضاء غير معرضة لحركات أفقية أو رأسية.

جـ – جميع الأعضاء لها نفس درجة التثبيت في أطرافها البعيدة.

د – يمكن اعتبار النقط التي يكون فيها العزم الحاني صفراً عند ثُلث ارتفاع الأعمدة من نقطة التثبيت الكلي وعند ربع ارتفاعها من نقطة التثبيت في حالة التثبيت الجزئى.

٦-٤-٥-٣ الأعمدة النحيفة غير المقيدة جانبياً

أ – العزوم الإضافية الناتجة عن الإنبعاج

في حالة الأسقف التي يكون فيها قيم الحيود الجانبية لجميع الأعمدة متساوية تقريباً يؤخذ تأثير الانبعاج باعتبار عزم إضافي تُقدر قيمته من العلاقة التالي:

$$M_{add} = P.\delta_{av} \qquad (6\text{-}39)$$

حيث:

$$\delta_{av} = \frac{\Sigma\delta}{n} \qquad (6\text{-}40)$$

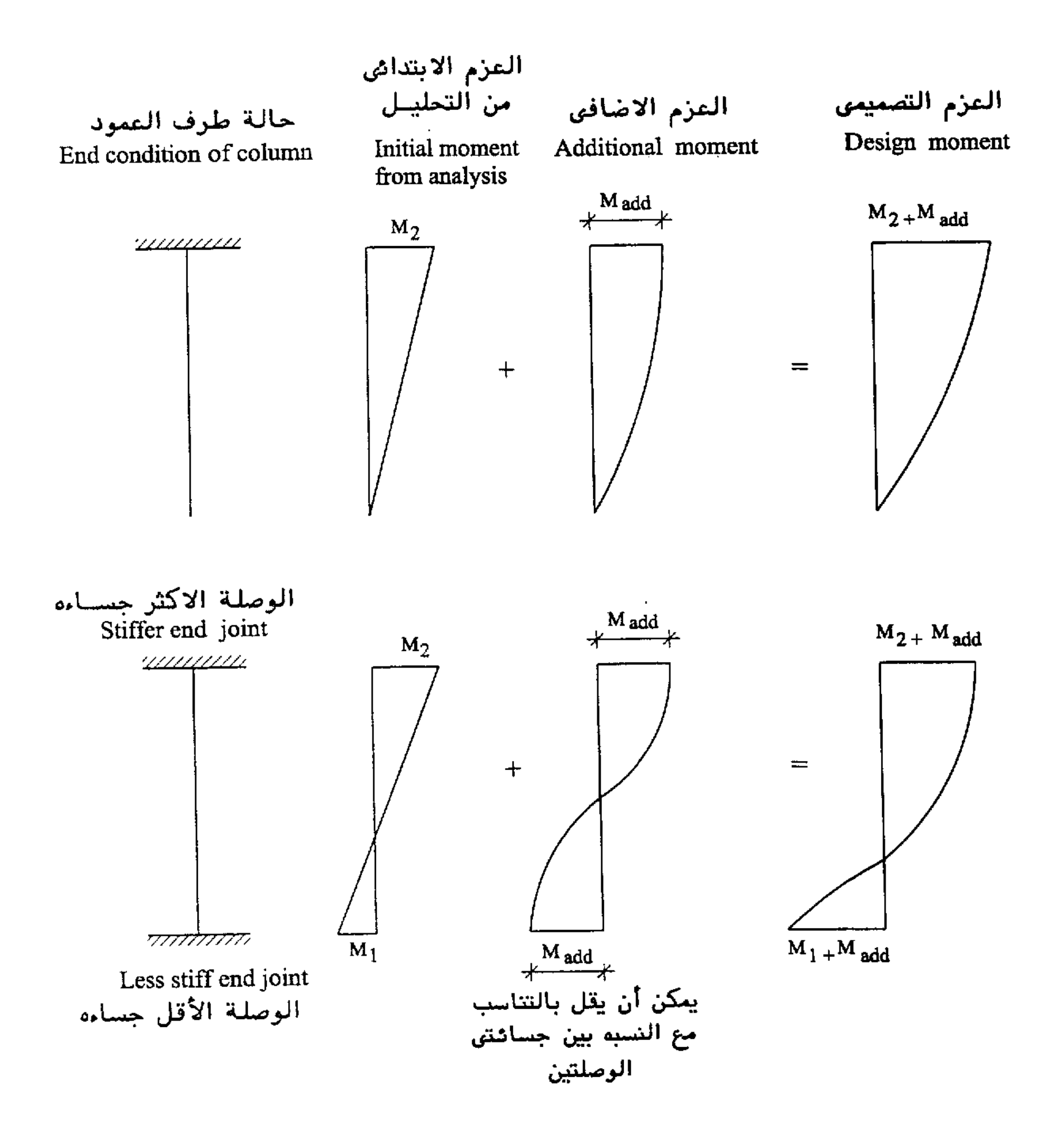
حيث n هي عدد الأعمدة في الطابق (الدور)

ويراعى عند حساب δ_{av} إهمال قيم δ التي تتعدى قيمتها ضعف δ_{av} على أنه يجب أخذ هذه العزوم M_{add} في الاعتبار عند تصميم الكمرات أو البلاطات المتصلة ميليثيا مع الأعمدة.

ب – العزوم التصميمية للأعمدة المعرضة لعزوم حول محور واحد (شكل٦-١٩). تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للقيمة الأكبر من:

$M_2 + M_{add}$ أو $P\ .\ e_{min}$

على أساس أن العزم الإضافي يؤثر عند طرفي العمود.



شكل (٦-١٩) العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة غير المقيدة جانبياً

٦-٤-٦ الأعمدة المعرضة لعزوم حانية مزدوجة حول محورى القطاع

Biaxially Loaded Columns

١ - تُصمم العمود لمقاومة القوة المحورية والعزوم المزدوجة التي يتم تقديـــر قيمتـــها حـــول المحورين الأساسي والثانوى طبقاً للبندين (٤-٢-١-٣) و (٦-٤-٤-ب) للأعمدة القصيرة والبنود (٦-٤-٥-٢ ثانياً) ، (٦-٤-٥-٣) للأعمدة النحيفة.

٢ - يمكن إهمال أي من العزمين المؤثرين على العمود إذا كانت قيمة لا مركزية الحمل نتيجة هذا العزم أقل من الحد الأدنى الموضح في البند (٦-٤-٣) .

٣ - في حالة المقاطع المستطيلة متساوية التسليح في جميع الأوجه شكل (٦-٢٠-أ)، يمكن أخذ عزم مكافئ حول محور واحد بطريقة تقريبية كما يلي:

أ - في حالة $\left(\frac{M_x}{a'} \leq \frac{M_y}{b'}\right)$

يؤخذ العزم التصميمي M'_y حول محور y طبقاً للمعادلة

$$M'_y = M_y + \beta\left(\frac{b'}{a'}\right)M_x \tag{6-41}$$

ب - في حالة $\left(\frac{M_x}{a'} > \frac{M_y}{b'}\right)$

يؤخذ العزم التصميمي M'_x حول محور x طبقاً للمعادلة

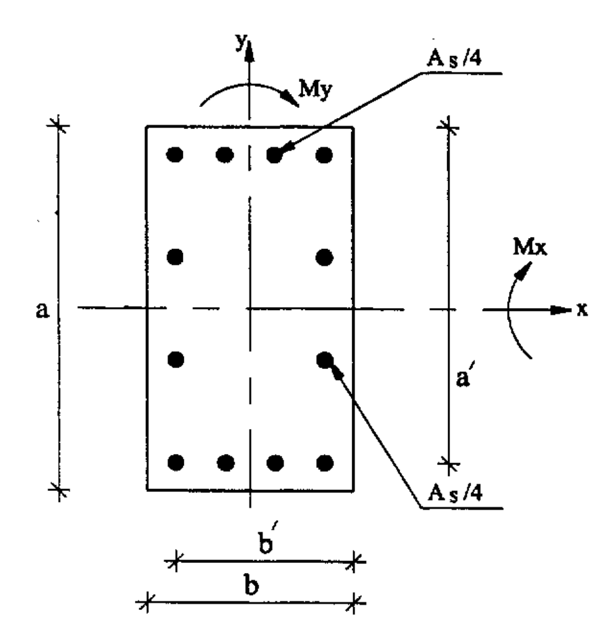
$$M'_x = M_x + \beta\left(\frac{a'}{b'}\right)M_y \tag{6-42}$$

حيث a' ، b' هما العمق الفعال للقطاع لكل من العزمين M_x ، M_y على التوالى وتحدد قيمة β طبقا للجدول (٦-١٢-أ) أو من الشكل (٦-٢٠-ب)

جدول (٦-١٢-أ) قيم المعامل β

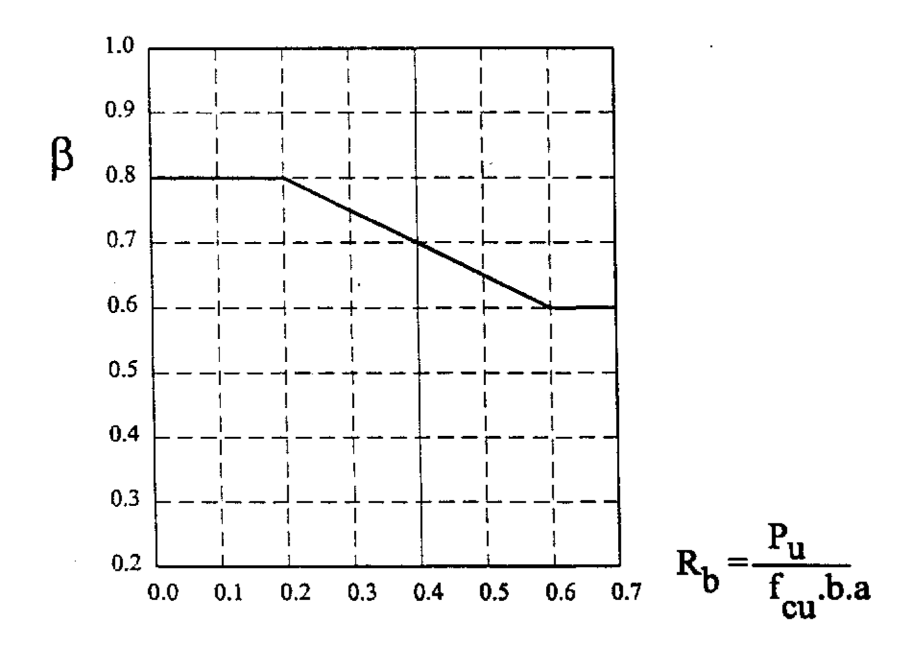
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$	≤ 0.2	0.3	0.4	0.5	≥ 0.6
β	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60

جـ - يتم وضع أربعة أسياخ فى أركان العمود وتوزع باقى مساحة صلب التسليح بالتساوى على الأوجه الأربعة.



شكل (٦-٢٠-أ) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محورى القطاع

ومتساوية التسليح فى جميع الأوجه



شكل (٦-٢٠-ب) قيمة المعامل β

٤ – في حالة المقاطع المستطيلة ذات صلب تسليح متساوى على كل وجهين متقابلين فى قطاع العمود (شكل ٦-٢١) وبشرط أن تكون القيمة $\frac{P_u}{f_{cu}\,.b\,.a}$ أقل من أو تساوى ٠,٥٠ ويمكن تصميم العمود بطريقة مبسطة لمقاومة القوة المحورية P_u وكل من عزمى الانحناء التاليين كل على حدة:

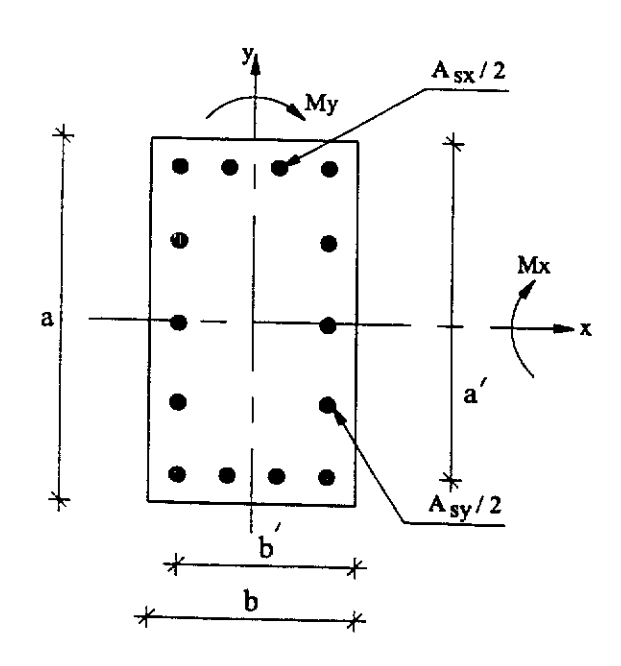
$$M'_x = M_x \cdot \alpha_b \tag{6-43-a}$$

$$M'_y = M_y \cdot \alpha_b \tag{6-43-b}$$

حيث تحدد قيمة α_b من الجدول (٦-٢١-ب)

جدول (٦-١٢-ب) قيمة العامل α_b

$(M_x/a')/(M_y/b')$ / $R_b = P_u/(f_{cu}\, b.a)$	∞	3	2	1	0.5	0.33	0
$R_b \leq 0.1$	1	1.20	1.25	1.30	1.25	1.20	1
$R_b = 0.2$	1	1.35	1.50	1.75	1.50	1.35	1
$R_b = 0.3$	1	1.25	1.35	1.40	1.35	1.25	1
$R_b = 0.4$	1	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1
$R_b = 0.5$	1	0.65	0.70	0.75	0.70	0.65	1



شكل (٦-٢١) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محوري التحميل وذات تسليح متساوي

على كل وجهين متقابلين (حالة $R_b \leq 0.5$)

٦-٤-٧ تفاصيل وملاحظات

أ – الحد الأدنى للتسليح الطولي

1 – في الأعمدة ذات الكانات العادية يكون الحد الأدنى للتسليح الطولي ٠,٨٠ % من مساحة المقطع المطلوب للخرسانة على ألا يقل عن ٠,٦٠ % من مساحة المقطع الفعلي وذلك إذا لم تزد نسبة النحافة λ_i أو معامل النحافة λ_b على القيمة الواردة بالجدول (٦-٧) بند (٦-٤-٤-أ) فإذا زادت نسبة النحافة ومعامل النحافة على ذلك يُختار أدنى تسليح وفقاً للعلاقات التالية:

أدنى نسبة مئوية لصلب التسليح منسوبة للمساحة المطلوبة لقطاع العمود الخرساني هي:

$$0.25 + 0.015\,\lambda_i \qquad (6\text{-}44)$$

ولقطاع الأعمدة المستطيلة تكون أدنى نسبة مئوية لصلب التسليح منسوبة للمساحة المطلوبة لقطاع العمود الخرسانى وهي:

$$0.25 + 0.052\,\lambda_b \qquad (6\text{-}45)$$

٢ – في الأعمدة ذات الكانات الحلزونية يكون الحد الأدنى للتسليح الطولي ١ % من مساحة القطاع الكلي أو ١,٢٠ % من مساحة القلب المحدد بالكانات الحلزونية أيهما أكبر.

ب – تُحدد نسبة التسليح الطولي القصوي في الأعمدة بحيث لا تتجاوز القيم التالية من مساحة قطاع العمود الخرساني:

٤ % إذا كان العضو المضغوط عمودا وسطيا.

٥ % إذا كان العضو المضغوط عمودا طرفيا.

٦ % إذا كان العضو المضغوط عمودا ركنيا.

جـ – يجب أن يحتوي العمود على سيخ طولي في كل ركن من أركانه.

د – أدنى قطر للأسياخ الطولية هو ١٢ مم.

هـ – أدنى مقاس لضلع الأعمدة ذات القطاع المستطيل أو لقطر العمود الدائرى هو ٢٠٠مم.

و – أكبر مقاس لضلع العمود الذي يوضع به أسياخ في الأركان فقط هو ٣٠٠مم، وإلا يجب وضع أسياخ متوسطة على مسافات أقصاها ٢٥٠ مم ويجب ربط الأسياخ بكانات خاصه إذا

زادت المسافة بين الأسياخ المتوسطة والأسياخ المربوطة عن ١٥٠مم (شكل ٧-٦-أ) كما يجب أن لا يقل عدد الأسياخ الطولية في القطاع الدائرى عن ستة أسياخ.

ز - يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات في الإتجاه الطولي للعمود على ١٥ مرة قطر أصغر سيخ طولى وبحد أقصى ٢٠٠مم.

ح - أدنى قطر للكانات هو ربع قطر أكبر سيخ طولي على ألا يقل عن ٨ مم وأقل حجم للكانات هو ٠,٢٥ % من حجم الخرسانة.

ط - يجب أن تستمر الكانات العادية أو الحلزونية داخل مناطق التقاء الأعمدة بالكمرات.

ك - أقصى خطوة للكانات الحلزونية هي ٨٠ مم وأصغر خطوة هي ٣٠ مم ويُفضل الاحتفاظ بالخطوة ثابتة مع عمل ثلاث دورات عند كل طرف بخطوة تساوي نصف الخطوة العادية مع ثني طرف السيخ إلى داخل القطاع بطول لا يقل عن ١٠٠ مم أو ١٠ مرات قطر سيخ الكانة الحلزونية.

ل - يجب أن لا يقل أصغر قطر للكانات الحلزونية عن ٨ مم.

م - يجب نقل جميع القوى والعزوم المؤثرة عند قاعدة العمود إلى القاعدة بالارتكاز على الخرسانة وبصلب التسليح (أشاير - وصلات طبقاً للبند ٧-٣-٢) . وإذا تضمنت حالات التحميل الواردة على القاعدة احتمال وجود شد، فيجب مقاومته بصلب التسليح فقط مع ضرورة استيفاء حالة حد التشرخ كما يجب ألا تزيد قيم اجهادات الارتكاز لكل من العمود والقاعدة على القيم الواردة بالبند (٤-٢-٤). كذلك يجب أن يكون صلب التسليح والأشاير والوصلات كافية لمقاومة كل قوي الضغط التي تزيد على مقاومة الارتكاز لكل من القاعدة والعمود وبحيث لاتقل عن تسليح العمود. وفى حالة وجود قوى جانبية تؤثر على سطح التلامس يتم نقلها بواسطة احتكاك القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-٤) أو بطريقة أخرى مناسبة.

٦-٥ الحوائط Walls

٦-٥-١ عام

١ - تعرف الحوائط على أنها أعضاء لوحية عادة رأسية، يكون البعد الأطول لقطاعها أكبر من خمسة أضعاف البعد الأصغر، ولا يقل سمك الحائط عن ١٢٠ مم.

٢ – تُقسم الحوائط المسلحة إلى:

أ – حوائط حاملة وهي معرضة أساساً إلى قوى ضغط مصحوبة أو غير مصحوبة بقوى أفقية.

ب – حوائط تدعيم وتقوم بتدعيم الحوائط الحاملة ضد الانبعاج، ويمكن أن تعمل كحوائط حاملة في نفس الوقت.

جـ –حوائط غير حاملة معرضة لوزنها بالإضافة إلى القوى الأفقية.

٣ – تُعتبر الحائط مقيداً جانبياً عند منسوب ما إذا كان المبني مقيداً جانبياً عند هذا المنسوب طبقاً للبند (٦–٤–٢).

٦–٥–٢ الحوائط الخرسانية المسلحة

أ – يجب أن تنفذ الحوائط الرأسية المشتركة في تقييد المبني في نفس الوقت مع الحوائط الحاملة و توصل بها اتصالا كافياً ، ويجب ألا تعتمد المقاومة الكلية للمباني متعددة الطوابق (أكثر من ٤ طوابق) في أي اتجاه على حوائط غير مقيدة جانبياً.

ب – تُصمم الحوائط الخرسانية المسلحة المعرضة لأحمال محورية مصحوبة أو غير مصحوبة بعزوم انحناء طبقاً للبند (٦–٥–٢–١).

جـ – تُصمم الحوائط لمقاومة قوى القص طبقاً للبند (٤–٢–٢–١) أو البند (٥–٤–١)، على ألا تقل نسبة التسليح الأفقي عن المذكور بالبند (٦–٥–٢–٢–٢) ويمكن اعتبار العمق الفعال d لقطاع الحائط مساوياً ٠,٨٠ من طول قطاع الحائط وذلك في حساب مقاومة الحائط للقص.

٦–٥–٢–١ تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة

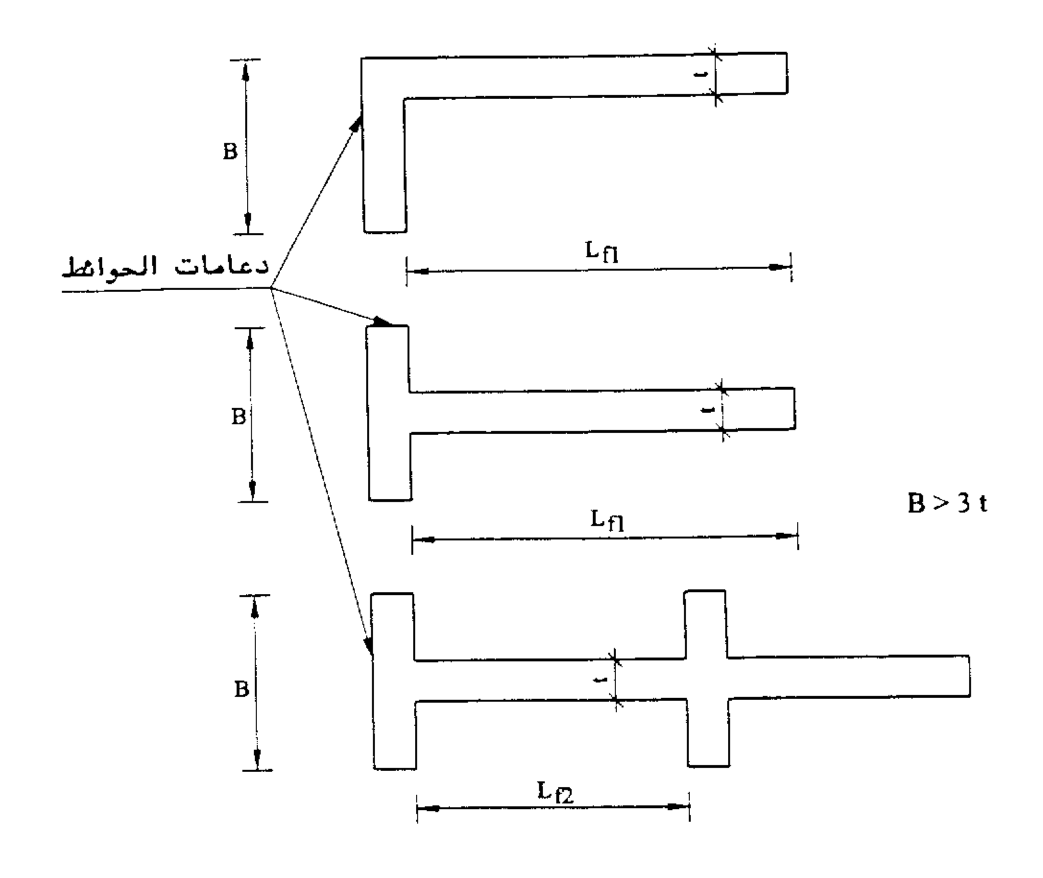
يمكن تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة بأي من الطريقتين الموضحتين بالبندين (٦–٥–٢–١–١)، (٦–٥–٢–١–٢).

٦–٥–٢–١–١ التصميم كقطاع عمود معرض لعزوم إنحناء مصحوبة بقوي ضغط محورية

أ – في حالة الحوائط المعرضة لقوى ضغط محورية أو لا محورية ، يمكن تصميم قطاع الحائط الخرساني المسلح كقطاع عمود وفقا للبنود من (٦–٤–٢) إلى (٦–٤–٦) على أن يتم تحديد نحافة الحائط طبقا للبندين (٦–٥–٢–١–١–ب) و(٦–٥–٢–١–١–جـ)، ونسبة التسليح في الحائط طبقا للبند (٦–٥–٢–٢).

ب - في حالة عدم وجود دعامات أفقية للحائط، يُحدد الطول الفعال ونسبة النحافة طبقاً للبندين (٦-٤-٤)، (٦-٤-٥).

جـ - في حالة وجود دعامات أفقية للحائط تحت الاعتبار كما هو مبين بالشكل (٦-٢٢)، يُعتبر الحائط المسلح نحيفاً إذا كانت نسبة نحافته $(\lambda_t = H_e / t)$ تساوي أو أكبر من القيم الواردة بالجدول (٦-١٣-أ)، حيث t هو سمك الحائط ، ويجب ألا تزيد نسبة النحافة λ_t على القيم الواردة بالجدول (٦-١٣-ب).



شكل (٦-٢٢) مسقط أفقي يبين الدعامات الأفقية للحوائط

جدول (٦-١٣-أ) نسبة النحافة القصوى للحوائط القصيرة

حالة الحائط	نسبة النحافة λt
مقيد جانبياً	15
غير مقيد جانبياً	10

جدول (٦-١٣-ب) نسبة النحافة القصوى

حالة الحائط	نسبة النحافة القصوى λt
مقيد جانبياً	40
غير مقيد جانبياً	30

ويُحدد الطول الفعال $(H_e = k\,H)$ كما يلى:

١- فى حالة وجود أكثر من دعامة أفقية على طول الحائط، تؤخذ قيمة k كالتالى:

$$\frac{H}{L_{f2}} < 0.5 \qquad k = 1.0 \qquad (6\text{-}46\text{-}a)$$

$$0.5 \le \frac{H}{L_{f2}} \le 1.0 \qquad k = 1.5 - \frac{H}{L_{f2}} \qquad (6\text{-}46\text{-}b)$$

$$\frac{H}{L_{f2}} > 1.0 \qquad k = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{H}{L_{f2}}\right)^2\right)} \qquad (6\text{-}46\text{-}c)$$

حيث:

H = الارتفاع الصافي للحائط

L_{f2} = متوسط المسافة الأفقية بين الدعامات الأفقية

٢ – في حالة وجود حائط تدعيم واحد ، تؤخذ قيمة k كالتالى:

$$\frac{H}{L_{f1}} < 1.0 \qquad k = 1.0 \qquad (6\text{-}47\text{-}a)$$

$$1.0 \le \frac{H}{L_{f1}} \le 2.0 \qquad k = 1.0 - 0.423\left(\frac{H}{L_{f1}} - 1\right) \qquad (6\text{-}47\text{-}b)$$

$$\frac{H}{L_{f1}} > 2.0 \qquad k = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + 0.5\left(\frac{H}{L_{f1}}\right)^2\right)}} \qquad (6\text{-}47\text{-}c)$$

حيث:

H = الارتفاع الصافي للحائط

L_{f1} = المسافة الأفقية بين الدعامة الأفقية والطرف الحر للحائط

٦-٥-٢-١-٢ الطريقة المبسطة لتصميم الحوائط المسلحة ذات قطاع مستطيل مصمت

يمكن استخدام الطريقة المبسطة التالي ذكرها في تصميم القطاع الخرسانى المصمت للحائط المسلح شريطة توافر الاشتراطات التالية جميعها:

أ - أن يكون قطاع الحائط مستطيلاً مصمتاً.

ب - ألا تقع محصلة جميع الأحمال القصوى شاملة تأثير القوى الأفقية والمؤثرة على قطاع الحائط خارج الثلث الأوسط للقطاع المستطيل.

جـ - ألا تقل نسبة التسليح في الحائط عن المذكور في البند (٦-٥-٢-٢) .

د - ألا يقل سمك الحائط عن ٠,٠٤ من ارتفاع الحائط أو طول الحائط أيهما أقل، على ألا يقل سمك الحائط في أي حال عن ١٢٠ مم.

في هذه الحالة يقدر الحمل الأقصى للقطاع طبقاً للمعادلة التالية:

$$P_u = 0.8\left[0.35\, f_{cu}\; A_c\left(1-\left(\frac{k.H}{32\,t}\right)^2\right)\right] \qquad (6\text{-}48)$$

حيث:

A_c = مساحة القطاع الخرسانى للحائط

H = ارتفاع الحائط الخالص بين الدعامات

k = هو معامل الطول الفعال للحائط المقيد للحركة العرضية الانتقالية أعلى وأسفل الحائط ويساوى:

٠,٨٠ للحائط الممنوع من الدوران عند أحد طرفيه أو كليهما (العلوى و/أو السفلى)

١,٠٠ للحائط حر الدوران عند كل من طرفيه العلوي والسفلي

٢,٠٠ للحائط حر الحركة الأفقية المتعامدة علي مستوي الحائط

t = سمك الحائط

٦-٥-٢-٢ أدني وأقصي نسبة تسليح

يجب وضع صلب تسليح في الحائط علي هيئة شبكتين علي وجهي الحائط وتُحدد نسب التسليح الرأسي والأفقي طبقاً للبندين (٦-٥-٢-٢-١)، (٦-٥-٢-٢-٢).

٦-٥-٢-٢-١ التسليح الرأسي

تُحدد نسبة التسليح الرأسي الكلية بحيث يمكن التحكم في التشرخ بقدر الإمكان . ويُحدد الجدول (٦-١٤) نسب صلب التسليح الدنيا علي ألا تقل عن ٠,٥٠ % من مساحة القطاع الخرساني المطلوبة في التصميم A_{creq} ولا تزيد نسبة التسليح القصوي علي ٤% من مساحة القطاع الخرساني الفعلي ، ولا يقل قطر التسليح عن ٨ مم، وإذا استعملت شبكات الصلب الملحومة (Welded wire fabric) فلا يقل قطر السيخ بها عن ٥ مم ولا تزيد المسافة بين صلب التسليح علي ٢٥٠ مم.

- عندما يكون القطاع الخرساني معرضاً بأكمله لإجهادات شد تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى μ تساوى ٠,٨٠ % فى حالة الصلب العادى و ٠,٤٥ % فى حالة الصلب عالى المقاومة.
- عندما يكون القطاع الخرسانى معرضاً لعزوم انحناء تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسى الجزئى للقطاع المعرض لإجهادات شد ٠,٢٥ % فى حالة الصلب العادى و٠,١٥ % فى حالة الصلب عالى المقاومة.
- عندما يكون القطاع الخرسانى معرضا بأكمله لإجهادات ضغط تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى μ تساوى ٠,٤٠ % فى حالة الصلب العادى و ٠,٤٠ % فى حالة الصلب عالى المقاومة.

جدول (٦-١٤) أدنى نسبة مئوية للتسليح الرأسي للحوائط

الحالة	أدنى نسبة مئوية لصلب التسليح الرأسي الكلي	
	$f_y = 240$ N/mm^2	$f_y = 400$ N/mm^2
القطاع معرض بأكمله لإجهادات شد	0.80	0.45
القطاع معرض لعزوم انحناء	0.25	0.15
القطاع معرض بأكمله لإجهادات ضغط	0.40	0.40

٦-٥-٢-٢-٢ التسليح الأفقي

يعمل على احتواء الصلب الرأسي من الخارج في الحوائط المعرضة لضغط ويكون الحد الأدنى لمساحة صلب التسليح الأفقى الكلى كالتالى:

- ٠.٣٠ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي في حالة استعمال تسليح ذي إجهاد خضوع ($f_y = ٢٤٠$ ن/مم^٢).
- ٠,٢٥ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي في حالة استعمال تسليح ذي إجهاد خضوع ($f_y = ٤٠٠$ ن/مم^٢) ولا يقل مقاس التسليح الأفقي عن ٠,٢٥ من مقاس التسليح الرأسي، ولا يقل عن ٨ مم إلا في حالة استخدام شبك تسليح فلا يقل الحد الأدنى لقطر الأسياخ عن ٥مم.
- إذا كان مساحة صلب التسليح الرأسى أكبر من ١ % من مساحة القطاع يضاف للتسليح الأفقي كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٦ مم أو ٠,٢٥ من مقاس التسليح الرأسي أيهما أكبر لربط التسليح الرأسي والأفقي معاً علي جانبي الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط علي الأقل في المتر المسطح.
- فى حالة تصميم الحائط كعمود، يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات الحباية علي ٣٠٠مم في الاتجاهين.

٦-٥-٢-٣ الإزاحة الأفقية للحوائط Horizontal Displacement of Walls

إذا زاد ارتفاع الحائط عن ١٢ مثل طول الحائط، فيجب حساب الإزاحة الجانبية بحيث لا تزيد علي (١/٥٠٠) من ارتفاع الحائط.

٦-٥-٢-٤ الغطاء الخرساني لصلب التسليح

تُحدد أقل قيمة للغطاء الخرساني لصلب التسليح طبقاً للبند (٤-٣-٢-٣- ب).

٦-٥-٢-٥ حساب تأثير القوى على الدعامات العرضية

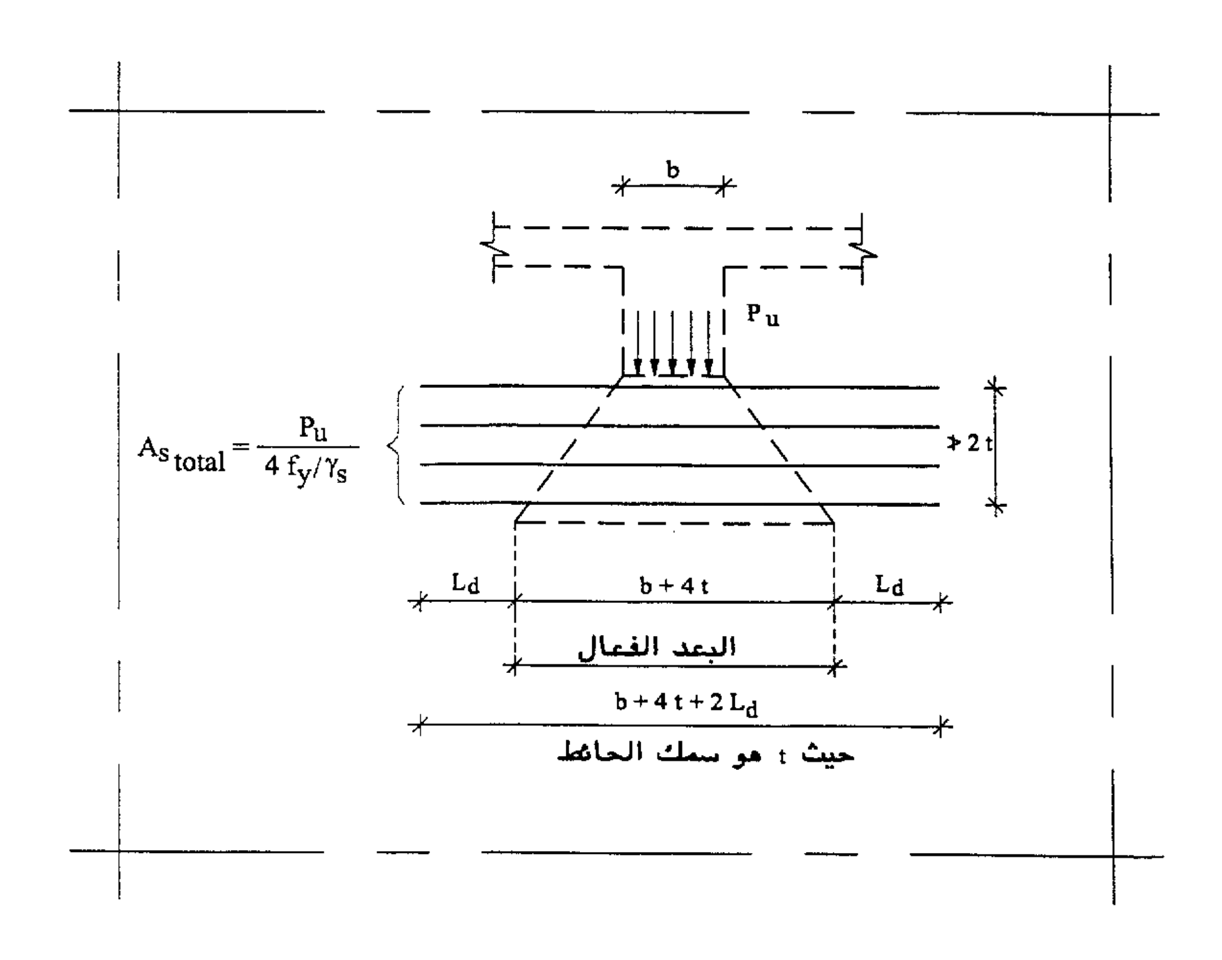
يجب أن تكون الدعامات العرضية قادرة على نقل مجموع القوى الأفقية التالية إلى الأساسات:

أ – رد الفعل الاستاتيكي لمجموع القوى الأفقية القصوى عند مكان الدعامة العرضية.

ب– ١ % من مجموع القوى الرأسية التصميمية القصوى عند مكان الدعامة.

٦-٥-٢-٦ الأحمال المركزة علي الحوائط

يؤخذ البعد الأفقي والذى يُعد فعالاً عند حساب مقاومة الارتكاز أسفل الأحمال المركـــزة، بحيث لا يزيد علي المسافة بين نقاط تأثير الأحمال أو عرض الارتكاز مضافا إليه أربعة أمثـــال سمك الحائط أيهما أصغر ، مع وضع التسليح الإضافي المبين بشـــكل (٦-٢٣) بالتساوى علـــى وجهي الحائط في مسافة رأسية لا تزيد على ضعف سمك الحائط أسفل الحمل المركز.



شكل (٦-٢٣) التسليح الإضافي عند أماكن الأحمال المركزة في الحوائط

٦-٥-٣ الحوائط الخرسانية التي تعتبر في حكم غير مسلحة

يشمل ذلك حوائط خرسانية تكون نسب التسليح بها لا تفي بالشروط الواردة فـــي البنـــود السابقة من هذا الباب، ولذا تُعتبر فى التصميم على أنها حوائط غير مسلحة، وعلـــى أى حـــال يجب ألا تقل نسب التسليح بها عما هو وارد في البند (٦-٥-٣-٧) كما يجب ألا يقل سمكها عن ١٢٠ مم.

٦-٥-٣-١ التصميم

- عند تصميم الحوائط في حكم غير المسلحة يجب التأكد من عدم وجود أي إجهادات شد على القطاع الخرساني للحائط أو إجهادات قص تزيد عن إجهادات التشغيل المسموح بها في جدول (٥-١) للقطاع الخرساني بدون تسليح قص تحت تأثير أي حالة من حالات التحميل الأساسية والثانوية أو ماينتج من تشكلات وإزاحات قد تحدث للمبنى وأساساته.
- يمكن تصميم الحوائط التي تعتبر في حكم غير المسلحة باستخدام الطريقة المبسطة في البند (٦-٥-٢-١-٢) على أن تخفض المقاومة القصوى لقطاع الحائط بمقدار ٢٠ % عما ينتج من المعادلة (٦-٤٨).

٦-٥-٣-٢ حدود النحافة

في جميع الحالات يجب ألا تزيد النحافة القصوى $(\lambda_t = H_e / t)$ للحائط الخرساني الذي يُعتبر في حكم غير المسلح على ٣٠ ، حيث t هو البعد الأصغر للمقطع المستعرض للحائط وH_e الارتفاع الفعال للحائط طبقاً لبند (٦-٤-٥-١).

٦-٥-٣-٣ الحدود الدنيا للامركزية للأحمال

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لامركزية للأحمال لا تقل عن 0.05t أو ٢٠ مم أيهما أكبر.

٦-٥-٣-٤ لامركزية الأحمال من البلاطات والأسقف

إذا كان الحائط متصلا ببلاطة من ناحية واحدة يمكن افتراض أن الأحمال تؤثر عند مسافة ثلث سمك الحائط مقاسة من وجه الحائط ناحية البلاطة.

٦-٥-٣-٥ لامركزية الأحمال في مستوى الحائط

تُحسب قيمة هذه اللامركزية باستعمال قواعد الاستاتيكا.

٦-٥-٣-٦ المقاومة للقص

يمكن التجاوز عن حساب مقاومة القص للحوائط التى تعتبر فى حكم غير المسلحة إذا توافر أحد الشرطين التاليين:

أ - إذا كانت قوة القص الأفقية التصميمية أقل من ٠,٢٥ القوة المركزية الرأسية التصميمية.

ب- إذا كان إجهاد قص التشغيل المتوسط أقل من ٠,٤٠ ن/مم٢.

٦-٥-٣-٧ أدني نسبة تسليح في الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة

يتطلب الأمر تزويد الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة سواء كانت داخلية أو خارجية بصلب تسليح للتحكم في الشروخ الناشئة عن الانحناء والانكماش أو فروق درجات الحرارة، وبحيث لا تقل مساحة صلب التسليح الكلى في كل من الاتجاهين الرأسي والأفقي عن ٠,٣٠ % من القطاع الخرساني في حالة استخدام صلب طري وعن ٠,٢٠ % من القطاع الخرساني في حالة استخدام صلب عالي المقاومة أو شبك التسليح وبحيث لا يقل الغطاء الخرساني عن القيم الواردة بالبند (٤-٣-٢-٣-ب).

في الحوائط التي بها فتحات يجب ألا يقل صلب التسليح علي جانبي الفتحة عن نصف مساحة الصلب غير المستخدم بسبب الفتحة لهذا الاتجاه و بحيث لايقل هذا الصلب عن سيخين قطر ١٦مم فى حالة الصلب الطرى أو سيخين قطر ١٢مم فى حالة الصلب عالى المقاومة و يجب وضع صلب التسليح علي جانبي الحائط إذا زاد السمك عن ١٥٠مم.

٦-٦ الأساسات Foundations

تُحدد مساحة القواعد أو عدد الخوازيق وتوزيعها باستخدام أحمال التشغيل ، وبحيث لا تتعدى الإجهادات على التربة أو أحمال الخوازيق القيم المسموح بها، وكذلك التأثيرات الناتجة عن فروق الهبوط المحسوبة طبقاً لاشتراطات الكود المصرى لميكانيكا التربة والأساسات.

- بالنسبة للقواعد المنفصلة المرتكزة على خوازيق ، يتم حساب العزوم وقوى القص باعتبار أن حمل الخازوق يؤثر في مركز الخازوق.

٦-٦-١ القواعد المنفصلة

٦-٦-١-١ عام

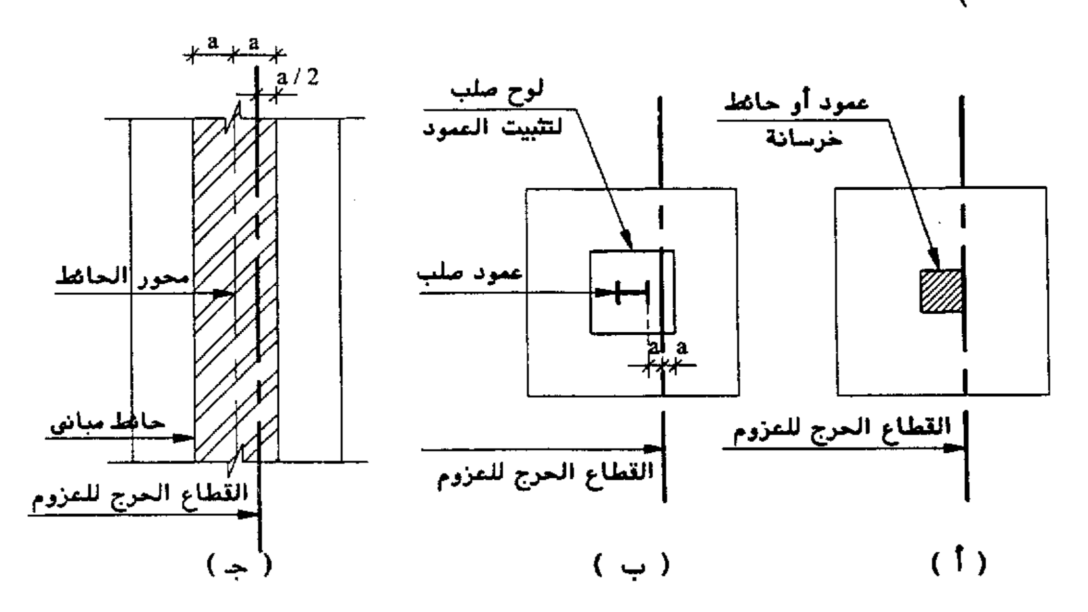
يمكن اعتبار إجهادات التربة أو أحمال تشغيل الخوازيق موزعة توزيعاً منتظماً فى حالة ما إذا كانت القاعدة محملة بحمل يؤثر في مركزها. كما يمكن اعتبار أن الإجهادات أو أحمال تشغيل الخوازيق موزعة توزيعاً خطياً في حالة ما إذا كانت القاعدة محملة بحمل لا مركزى.

٦-٦-١-٢ تصميم القواعد لمقاومة العزوم

٦-٦-١-٢-١ القطاعات الحرجة للعزوم

تؤخذ القطاعات الحرجة للعزوم علي أساس أخذ قطاع رأسي يمر بالقاعدة عند:

- وجه العمود أو وجه الحائط الخرساني المتصل بالقاعدة شكل (٦-٢٤-أ).
- عند منتصف المسافة بين حافة العمود وحافة اللوح الصلب المرتكز على القاعدة الخرسانية أسفل العمود شكل (٦-٢٤-ب).
- عند منتصف المسافة بين منتصف وحرف حائط المباني المرتكزة علي القاعدة شكل (٦-٢٤-جـ).



شكل (٦-٢٤) القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء

٦-٦-١-٢-٢ تُحسب العزوم الحانية عند القطاعات الحرجة بأخذ عزوم جميع القوى المؤثرة على القاعدة علي جانب واحد من القطاع الحرج.

٦-٦-١-٢-٣ يوزع تسليح القواعد المربعة الشكل توزيعاً منتظماً على كامل عرض القاعدة في الاتجاهين ويمكن توزيعة طبقا لمنحنى عزوم الانحناء.

٦-٦-١-٢-٤ يوزع تسليح القواعد المستطيلة الشكل توزيعاً منتظماً أو طبقاً لمنحنى عزوم الانحناء ويمكن توزيعه كما بشكل (٦-٢٥) طبقا لما يلي:

- يوزع التسليح توزيعاً منتظماً في الاتجاه الطويل للقاعدة.
- يركز التسليح في الاتجاه القصير في مسافة متمركزة مع العمود وتساوي البعد القصير للقاعدة أو طول مقطع العمود مضافاً إليه سمك القاعدة أيهما أكبر شكل (٦-٢٥).

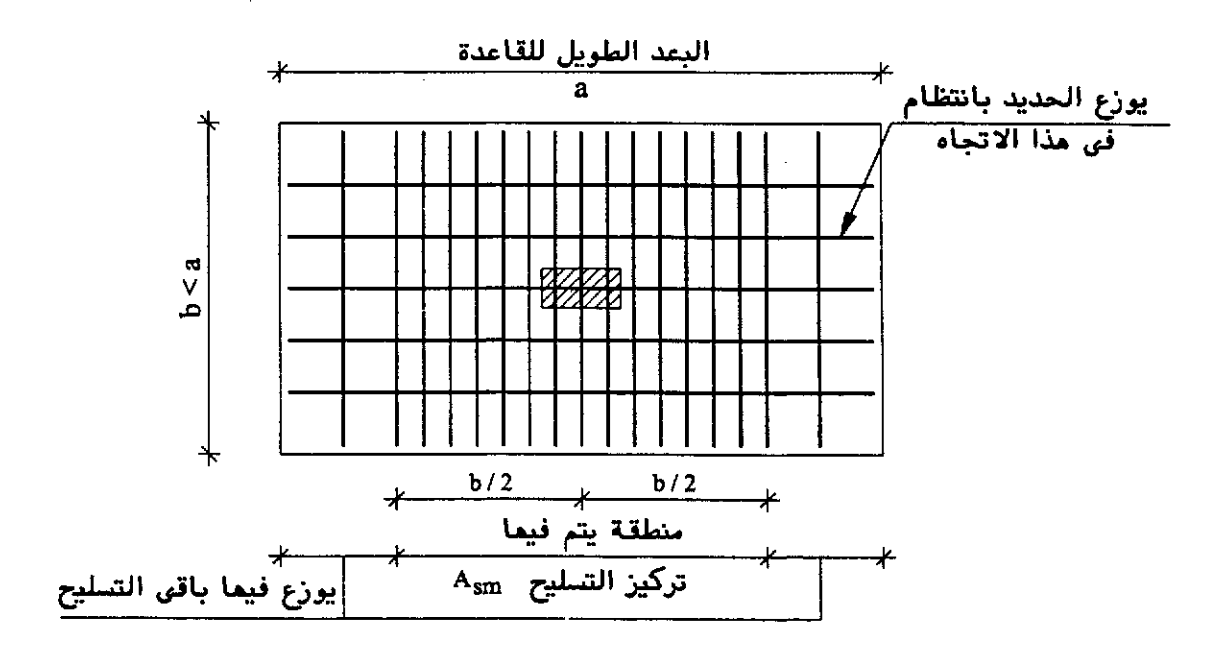
ويتم تحديد نسبة صلب التسليح في منطقة التمركز A_{sm} إلى إجمالي التسليح في الاتجاه القصير A_s بالمعادلة التالية:

$$\frac{A_{sm}}{A_s} = \frac{2}{\left[\left(\frac{a}{b}\right)+1\right]} \qquad (6\text{-}49)$$

حيث:

a = هو البعد الطويل للقاعدة

b = هو البعد القصير للقاعدة أو طول مقطع العمود (فى الاتجاه b) مضافاً إليه سمك القاعدة أيهما أكبر



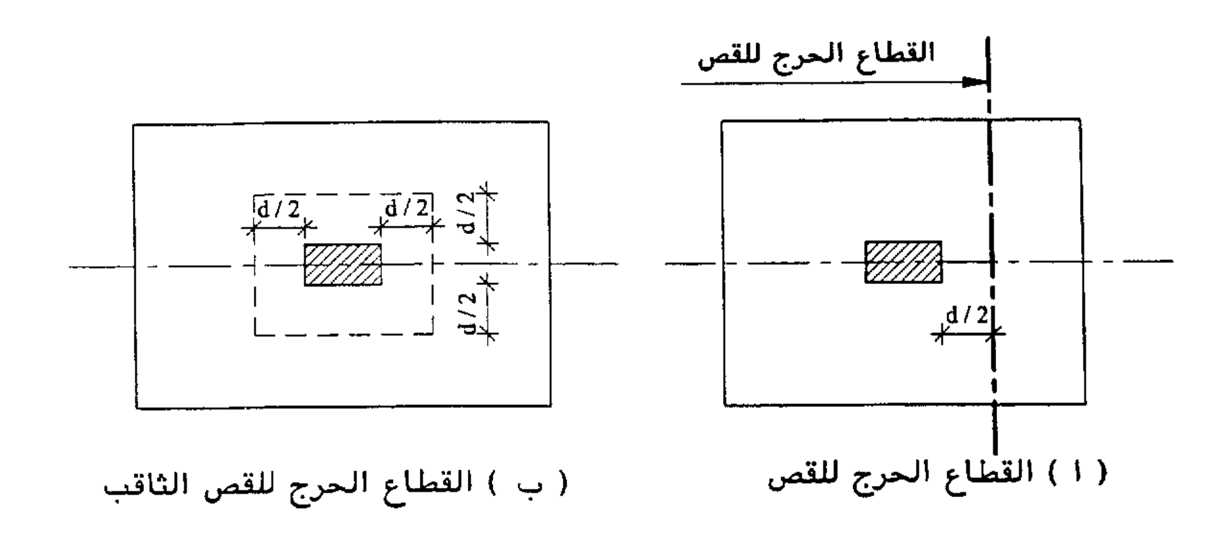
شكل (٦-٢٥) توزيع صلب التسليح في القواعد المستطيلة

٦-٦-١-٢-٥ يتم تصميم قطاعات الأساسات وفقا لاشتراطات التصميم بنظرية حالات الحدود (بند ٤-٢-١) أو نظرية المرونة (بند ٥-٣-٢).

٦-٦-١-٣ تصميم القواعد لمقاومة قوى القص وقوى القص الثاقب

٦-٦-١-٣-١ تؤخذ القطاعات الحرجة للقص وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-١-١) وشكل رقم (٦-٢٦-أ) ، كما تؤخذ القطاعات الحرجة للقص الثاقب وفقاً للبند (٤-٢-٢-٣) وشكل (٦-٢٦-ب).

وفى حالة استخدام لوح من الصلب لتثبيت العمود علي القاعدة الخرسانية ، تؤخذ المسافة d/2 من مكان القطاع الحرج المحدد بالبند (٦-٦-١-٢-١).

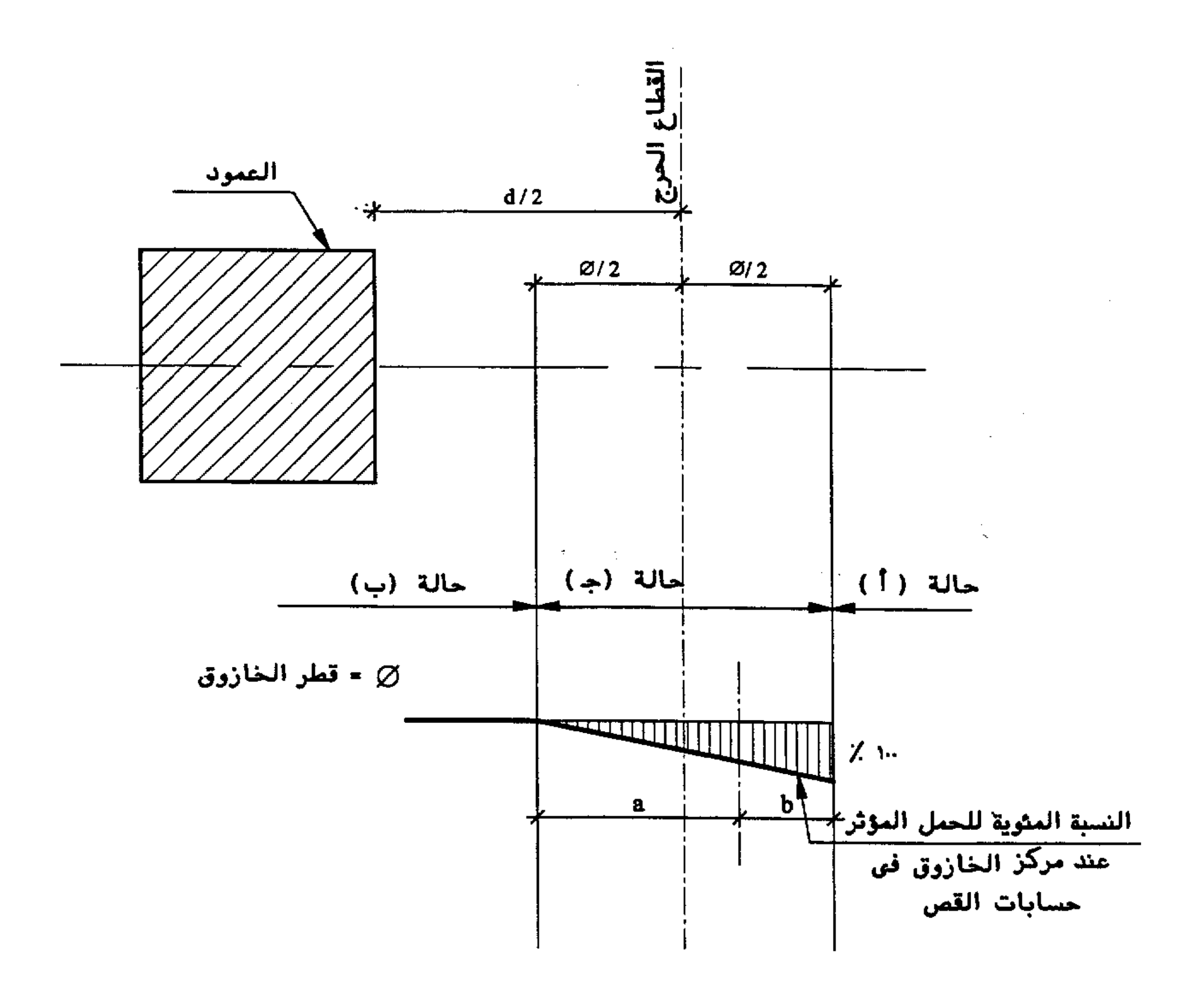


شكل (٦-٢٦) القطاعات الحرجة للقص

٦-٦-١-٣-٢ يتم تحديد مقاومة قطاعات الأساسات لقوى القص وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٢) كما يتم تحديد مقاومة الأساسات لقوى القص الثاقب وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٣).

٦-٦-١-٣-٣ يتم حساب إجهادات القص في هامات الخوازيق وفقاً لما يلى:

- يؤخذ كامل رد فعل الخازوق فى حسابات القص إذا ما وقع مركز الخازوق على مسافة أكبر من أو تساوي نصف قطر الخازوق خارج القطاع الحرج - حالة (أ) فى شكل (٦-٢٧).
- يهمل رد فعل الخازوق في حالة ما إذا وقع مركز الخازوق على مسافة أكبر من أو تساوي نصف قطر الخازوق داخل القطاع الحرج - حالة (ب) فى شكل (٦-٢٧).
- فى الحالات التي تقع بين الحالتين السابقتين يتم أخذ مقدار تناسبي وفقا لمتغير خطي بين الحالتين السابقتين - حالة (جـ) فى شكل (٦-٢٧).



شكل (٦-٢٧) حمل الخازوق المؤثر عند حساب القص في القواعد المسلحة
(حالات الخوازيق أ - ب - جـ) بند (٦-٦-١-٣)

٦-٦-١-٤ تصميم هامات الخوازيق بطريقة الجمالون الفراغي

٦-٦-١-٤-١ يمكن استخدام طريقة الجمالون الفراغي من شكل مثلثي تمتد أضلاعه من مركز التحميل إلى نقاط تقاطع مركز الخوازيق مع صلب التسليح الأساسي والذي يمثل بقية الأضلاع المشدودة من الجمالون في تصميم القواعد الخرسانية المسلحة المرتكزة على خوازيق.

٦-٦-١-٤-٢ في حالة ما إذا كانت المسافة بين مركز الخوازيق أكبر من ثلاث مرات قطر الخازوق، يؤخذ صلب التسليح الرئيسي المتمركز في مسافة مقدارها ١,٥ قطر الخازوق مُقاسه من مركز الخازوق في حسابات مقاومة عضو الشد من الجمالون.

٦-٦-١-٥ أقل سمك للقواعد

يجب أن لا يقل سمك القواعد عن ٣٠ سم للقواعد المسلحة المنفصلة وعن ٤٠ سم لهامات الخوازيق، وعلى ألا يقل عن البعد الأصغر لقطاع العمود فى أى من الحالتين.

٦-٦-١-٦ طول التماسك لصلب التسليح

يتم تحديد طول التماسك وطول الرباط ووصل صلب التسليح فى القواعد وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٥). ويتم فرض القطاع الحرج لطول التماسك فى نفس أماكن القطاع الحرج طبقاً للبند (٦-٦-١-٢-١).

٦-٦-١-٧ يتم نقل أحمال الأعمدة الى القواعد وفقا لاشتراطات البند (٦-٤-٧-م).

٦-٦-٢ القواعد المشتركة وأساسات اللبشة

٦-٦-٢-١ يتم تصميم القواعد المشتركة تبعاً للجساءة النسبية بين الأساسات والتربة. ولا يسمح بتحليل القواعد المشتركة و اللبشة باستخدام التحليل المعتمد لبلاطات الأسقف الوارد فى البند (٦-٢) أو باستخدام تحليل البلاطات اللاكمرية الوارد فى بند (٦-٢-٧) كما لا يُسمح باستخدام تحليل الكمرات والوارد فى بند (٦-٣).

٦-٦-٢-٢ تُعتبر القواعد المشتركة وأساسات اللبشة جاسئة ويكون توزيع الإجهادات أسفلها خطى إذا توافر أى من الشرطين التاليين:

أ – الجساءة النسبية K_r أكبر من أو تساوى ٠,٥٠ وتحدد الجساءة النسبية من المعادلة التالية:

$$K_r = \frac{E_c \cdot I_B}{E_{soil} \cdot b^3} \qquad (6\text{-}50\text{-}a)$$

حيث:

E_c = معاير مرونة الخرسانة

I_B = عزم القصور الذاتى (للأساس أو للأساس والإطارات وحوائط القص) للوحدة من طول الشريحة

E_{soil} = معاير مرونة التربة

b = عرض الشريحة

ب – متوسط المسافة بين أى عمود والأعمدة المجاورة له فى الاتجاهين تكون أقل من $\frac{1.75}{\beta}$

حيث β معامل يحدد من العلاقة التالية:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K.b}{4E_c.I}} \qquad (6\text{-}50\text{-}b)$$

حيث:

K = معامل ونكلر لرد فعل التربة

$E_c.I$ = جساءة الانحناء لمقطع الشريحة

ويتم التحليل الإنشائى مستوفياً الشروط الخاصة باتزان الأحمال مع رد فعل التربة.

٦-٦-٢-٣ تُعتبر القواعد المشتركة وأساسات اللبشة مرنة إذا لم تتوافر الشروط الواردة فى البند (٦-٦-٢-٢) ويتم تحليل القواعد المشتركة واللبشة باعتبارها بلاطة مرنة ترتكز على أساس ونكلر أو على أساس وسط مرن نصف لا نهائى وباعتبار الخواص الحقيقة للتربة بعد تعيينها معملياً أو حقلياً على أنه يجب أن يكون التصميم مستوفياً الشروط الخاصة بالاتزان وتوافق الانفعالات.

٦-٦-٣ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل

٦-٦-٣-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق

٦-٦-٣-١-١ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الأعمده والحوائط الخرسانية المسلحة داخل القواعد أو أساسات اللبشة أو هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح إتصال الأعمدة أو الحوائط بالأساسات ويجب أن تمتد أسياخ التسليح إلى صلب التسليح السفلى للقواعد مع عمل رجل بزاوية قائمة.

٦-٦-٣-١-٢ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الخوازيق داخل هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح إتصال الخوازيق بالهامات.

٦-٦-٣-١-٣ فى القواعد أو فى هامات الخوازيق التى ترتكز عليها أعمدة قد تتعرض لقوى شد نتيجة الزلازل يجب وضع تسليح علوى لمقاومة عزوم الانحناء للقوى الناتجة.

٦-٦-٣-١-٤ يجب عدم استعمال أساسات خرسانية غير مسلحة للمنشآت الواقعة فى المنطقة الثانية والثالثة للشدة الزلزالية.

٦-٦-٣-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة

٦-٦-٣-٢-١ تصمم الميد على أساس أنها جزء من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلزال بحيث تستوفى اشتراطات البند (٦-٧) ويجب أن يُذكر على الرسومات الإنشائية ويتم التصميم على أساس أنها شدادات ربط للأساسات. ويجب أن يمتد صلب التسليح على كامل طول الميدة مع ضرورة أن يمتد إلى مسافة بعد محور العمود لا تقل عن طول التماسك.

٦-٦-٣-٢-٢ يسرى البند (٦-٦-٣-٢-١) على البلاطات المرتكزة على التربة فى حالة اعتبارها جزءاً من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل.

٦-٦-٣-٢-٣ يجب أن لا يقل البعد الأصغر للميدة عن البحر الخالص لها مقسوم على ٢٠ ولا يلزم أن يزيد عن ٤٥٠ مم وبشرط أن تستوفى حد النحافة المذكور بالبند (٦-٣-١-٨).

٦-٦-٣-٣ الخوازيق

٦-٦-٣-٣-١ يجب تصميم الخوازيق ووضع تسليح طولى كاف لمقاومة القوى والعزوم الناتجة عن أحمال الزلزال وبما يتناسب وخصائص التربة كما يجب استيفاء الشرط الخاص بمساحة الكانات والمسافات بينها وفقاً لذلك.

٦-٦-٣-٣-٢ يجب زيادة كانات الخازوق فى المناطق التالية:

أ – فى منطقة إتصال الخازوق بالهامات ولمسافة داخل الخازوق تساوى خمس مرات قطر الخازوق بشرط أن لا تقل المسافة عن ٢ متر مقاسة من السطح السفلى لهامة الخازوق.

ب – فى المناطق التى يقل أو لا تتمكن التربة فيها من توفير ارتكاز جانبى للخازوق و فى مناطق الاختلافات الجذرية فى خصائص التربة وعلى ألا تقل النسبة الحجمية للكانات الحلزونية عن ما جاء فى البند (٦-٧-٣-٣).

٦-٧ الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل

٦-٧-١ عام

تتضمن النظم الإنشائية المقاومة للزلازل الإطارات والحوائط الإنشائية والشكالات كما يمكن الجمع بين عدة نظم في منشأ واحد.

٦-٧-١-١ تعريف العناصر الانشائية المقاومة لأحمال الزلازل

الإطارات هي المنشأ الفراغي الذي تقاوم عناصره ووصلاته عزوم الانحناء والقص والقوى المحورية، وتنطبق اشتراطات البند (٦-٧-٢) على الإطارات غير الممطولية بينما تنطبق اشتراطات البند (٦-٧-٣) على الإطارات الممطولية.

الحوائط الإنشائية هي حوائط صُممت لمقاومة القص وعزوم الانحناء والقوي المحورية الناتجة عن أحمال الزلازل، وتشمل الحوائط الخرسانية المسلحة والحوائط الخرسانية في حكم غير المسلحة.

٦-٧-١-٢ يتم حساب أحمال الزلازل وتحديد مناطق الشدة الزلزالية وفقاً للكود المصري للأحمال والقوى.

٦-٧-١-٣ يُكتفى بتحليل وتصميم وإعداد التفاصيل الإنشائية للمنشآت الواقعة في المنطقة الأولى للشدة الزلزالية وفقاً للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود باستثناء البندين (٦-٧-٢) و (٦-٧-٣).

٦-٧-١-٤ يتم تحليل وتصميم وإعداد التفاصيل الإنشائية للمنشآت الواقعة في المنطقتين الثانية و الثالثة للشدة وفقاً للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود بالإضافة الى البندين (٦-٧-٢) و (٦-٧-٣).

٦-٧-١-٥ يراعى ما جاء بالبند (١-١-١) عند تصميم المنشآت ذات الطبيعة الخاصة.

٦-٧-٢ الاشتراطات الإضافية للإطارات غير الممطولية

٦-٧-٢-١ البلاطات المسطحة المقاومة لأحمال الزلازل

أ - تقاوم جميع العزوم المنقولة من البلاطة إلي العمود بواسطة شريحة العمود فقط.

ب - تقاوم العزوم السالبة $\gamma_f M_u$ المبينة بالبند (٦-٢-٧-٧) بواسطة العرض الفعال للبلاطة والذى يساوى عرض العمود مضافاً إليه ثلاثة أمثال سمك البلاطة t كما بشكل (٦ - ٢٨).

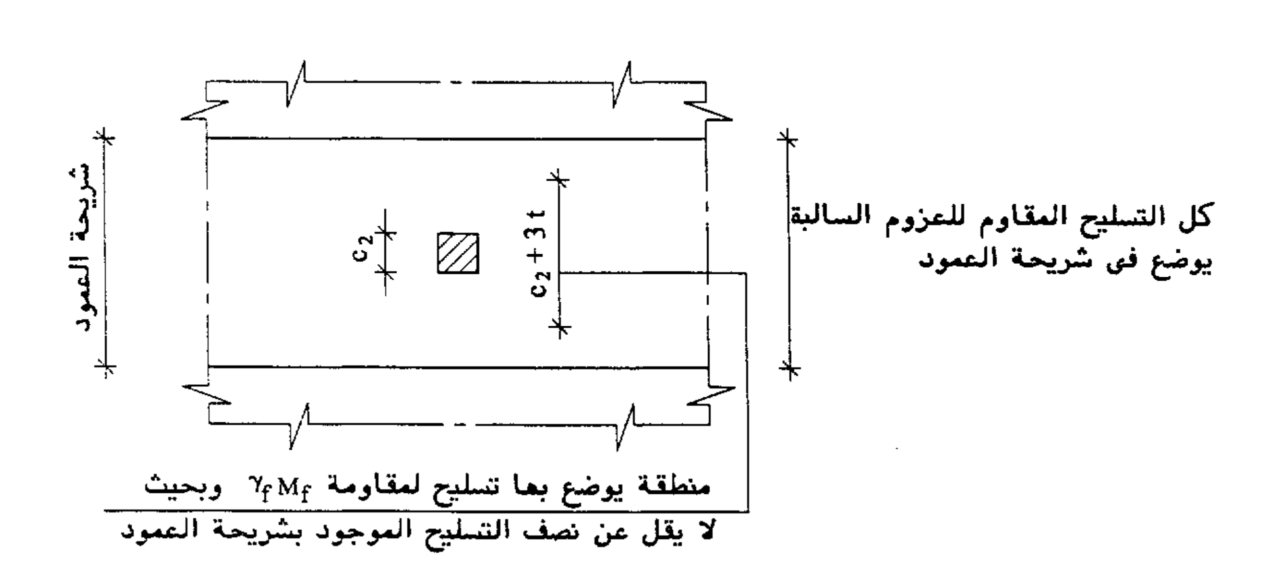
جـ - يجب ألا يقل تسليح العرض الفعال عن نصف تسليح شريحة العمود.

د - يجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع التسليح العلوي بشريحة العمود على كامل طول البحر (شكل ٦-٢٩-أ).

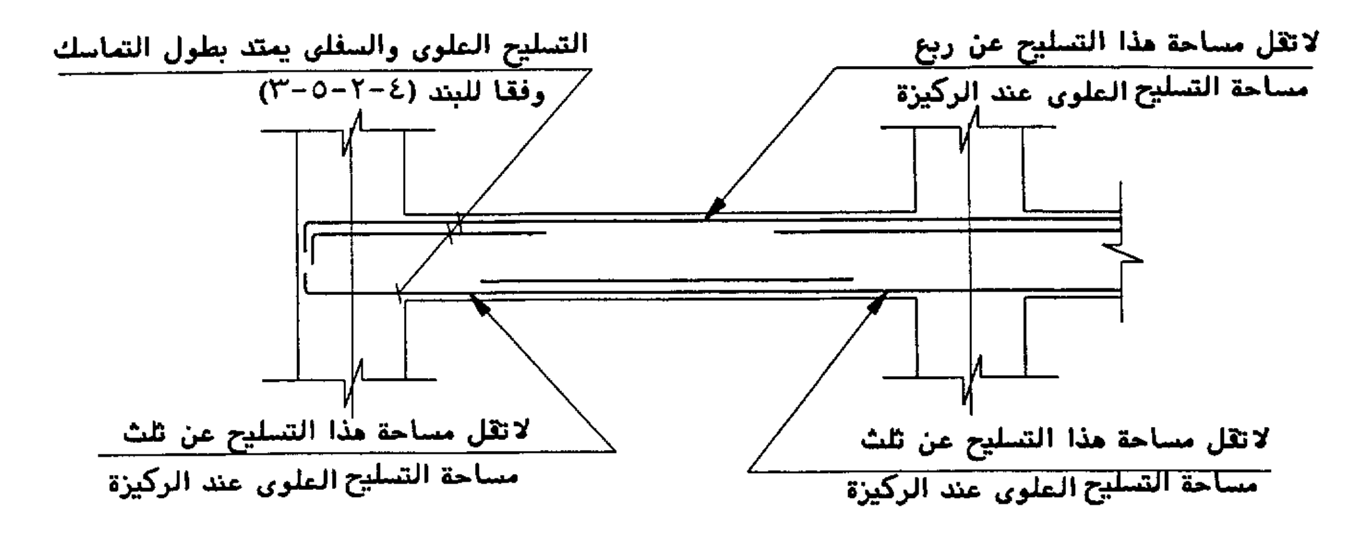
هـ - يجب أن يمتد مالا يقل عن نصف التسليح السفلي لشريحتي العمود والوسط على كامل طول البحر (شكل ٦-٢٩-أ ، ب) مع مراعاة استمرار التسليح داخل مناطق الارتكاز بطول رباط كافي وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).

و - يجب ألا يقل التسليح السفلي المستمر في شريحة العمود بكامل طول البحر عن ثلث قيم التسليح العلوى لشريحة العمود عند مناطق الارتكاز.

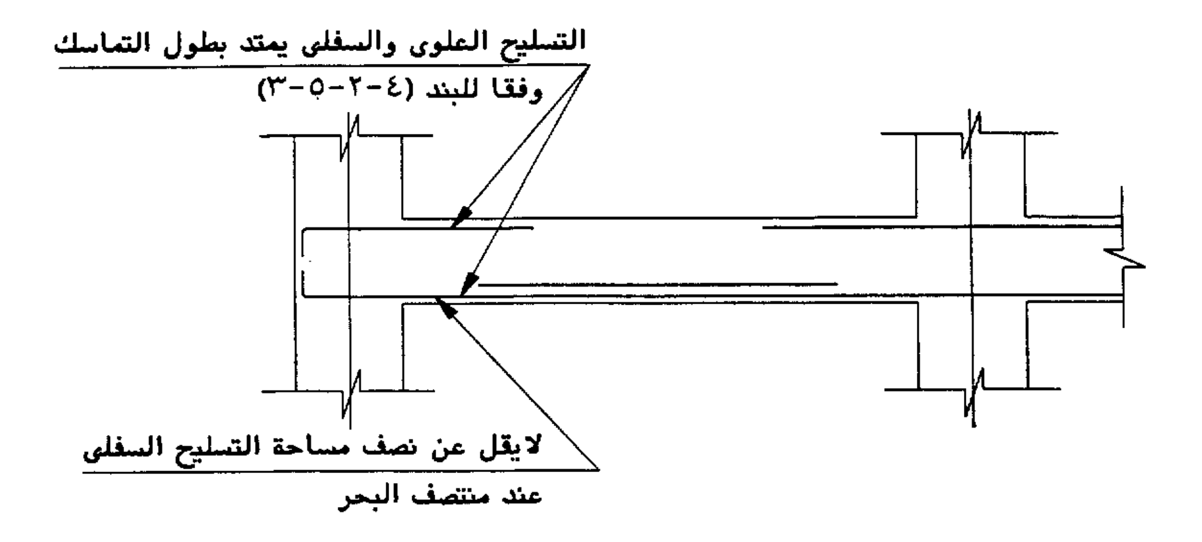
ز - عند الأطراف غير المستمرة للبلاطة يجب أن يمتد كل من التسليح العلوى والسفلي عند الركيزة الطرفية داخل منطقة الارتكاز بطول كافي وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).



شكل (٦-٢٨) العرض الفعال في البلاطات المسطحة



(أ) شـــريحـــة العمـــــود



(ب) شـــريحـــة الوســـط

شكل (٦-٢٩) ترتيب التسليح في البلاطات اللاكمرية

٦-٧-٢-٢ كمرات الإطارت الخرسانية المسلحة المقاومة لأحمال الزلازل

تُصمم الكمرات الخرسانية المسلحة المعرضة لعزوم انحناء أو عزوم انحناء مصحوبة بقوى ضغط محورية لا تزيد قيمتها على $0.04\ f_{cu}\ A_g$ طبقاً للأسس التالية:

أ- يُصمم قطاع الكمرة عند وجه الركيزة لمقاومة عزوم موجبة قصوى لا يقل مقدارها عن ثلث العزوم السالبة القصوى الناتجة من الحساب الإنشائي للمبنى.

ب - يجب ألا تقل مقاومة كل من العزوم السالبة أو الموجبة عند أى قطاع في الكمرة عن خمس قيمة أكبر عزم عند وجه أي من الركيزتين.

جـ- توزع الكانات الموضوعة فى مسافة تساوى ضعف عمق الكمرة مقاسة من وجه الركيزة بحيث لا تبعد أول كانة أكثر من ٥٠ مم من وجه الركيزة ، ولا تزيد المسافة بين الكانات على الأقل من:

- ربع عمق الكمرة
- ثمانية أمثال قطر أصغر سيخ طولي في قطاع الكمرة
- ٢٤ مثل قطر الكانة

د - لا تزيد المسافة بين الكانات على طول الكمرة عن نصف عمق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٧-٢-٣ أعمدة الإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة لأحمال الزلازل

يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على s_o وذلك لمسافة تساوي L_o من وجه إتصال العمود مع الكمرة أو الأساسات عند كل من طرفي العمود (شكل ٧-٦-ب).

حيث L_o تساوي القيمة الأكبر من:

أ - سُدس الطول الخالص للعمود

ب - البعد الأكبر لقطاع العمود

جـ- ٥٠٠ مم

وحيث s_o تساوي القيمة الأصغر من:

أ - ثمانية أمثال قطر أصغر سيخ طولى فى قطاع العمود

ب - ٢٤ مثل قطر كانة العمود

جـ- نصف أصغر بعد لقطاع العمود

د - ١٥٠ مم

كما يجب وضع أول كانة على مسافة $s_o/2$ من وجه اتصال العمود مع الكمرة. وبحيث لا تزيد المسافة نبين الكانات على امتداد باقي طول العمود على ضعف المسافة s_o وتستمر الكانات داخل الكمرة بنفس المسافة s_o .

٦-٧-٣ الاشتراطات الإضافية للإطارات الممطولية

٦-٧-٣-١ كمرات الإطارات

تُصمم الكمرات الخرسانية المسلحة المعرضة لعزوم انحناء أو عزوم انحناء مصحوبة بقوى ضغط محورية لا تزيد قيمتها على $0.04\ f_{cu}\ A_g$ طبقاً لاشتراطات البند (٦-٧-٢-٢) بالإضافة إلى ما يلى:

١- لا تقل نسبة عرض الكمرة إلي عمقها عن ٠,٣٠

٢- لا يقل عرض الكمرة عن ٢٥٠ مم ولا يزيد علي عرض الركيزة مضافاً إليها مسافة لا تزيد علي ٠,٧٥ من عمق الكمرة علي كل من جانبي الركيزة.

٣- لا تقل مقاومة القطاع للعزم الموجب عند وجه الركيزة عن ٥٠ % من مقاومة القطاع للعزم السالب عند وجه نفس الركيزة ، وفي جميع الأحوال ، يجب ألا تقل مقاومة القطاع للعزم (الموجب أو السالب) في بحر الكمرة عن ربع أكبر مقاومة مناظرة عند وجه الركيزة على أن يستمر سيخين على الأقل (علوي وسفلي) على كامل طول بحر الكمرة.

٤- في حالة وجود وصلات تراكب ، يجب توافر الاشتراطات التالية في منطقة وصلة التراكب.

- التسليح العرضي للكمرة في منطقة الوصلة يتكون من كانات مقفلة أو حلزونية.
- لا تزيد المسافة بين الكانات في منطقة وصلة التراكب على ربع العمق الفعال للكمرة أو ١٠٠ مم أيهما أقل.
- لا يُسمح بعمل وصلة التراكب داخل منطقة اتصال الكمرة بالعمود وكذلك عند الأماكن المحتمل عندها حدوث خضوع لأسياخ التسليح.
- لا يقل البعد بين بداية وصلة التراكب ووجه الركيزة المجاور عن ضعف العمق الفعال للكمرة.

٦-٧-٣-٢ أعمدة الإطارات

تُصمم أعمدة الإطارات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٧-٢-٣) بالإضافة إلي ما يلي:

أ – لا يقل أصغر بعد لقطاعات الأعمدة عن ٣٠٠ مم ويُفضل ألا تقل نسبة البعد الأصغر إلى البعد الأكبر لقطاع العمود عن ٠,٤٠ .

ب – إذا زادت قيمة الضغط المحوري في العمود على $0.04A_g\ f_{cu}$ يجب أن تستوفى مقاومة العزوم القصوى لأعمدة الإطارات المتصلة بكمرات العلاقة التالية:

$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g \qquad (6\text{-}51)$$

حيث :

$\sum M_c$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للأعمدة عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود باستخدام قيمة الحمل المحوري الذي يعطي أقل مقاومة عزوم

$\sum M_g$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للكمرات عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود. وفي حالة الكمرات على شكل حرف T وعندما تكون البلاطة معرضة لقوى شد تحت تأثير العزوم، تحسب المقاومة القصوى للكمرة باعتبار أن جزء من عرض البلاطة يشترك في المقاومة القصوى بشرط أن يكون حديد تسليح البلاطة ممتد بطول رباط مناسب بعد القطاع الحرج. ويتم جمع مقاومة العزوم بحيث تكون مقاومة عزوم الأعمدة فى عكس اتجاه مقاومة عزوم الكمرات.

وفي حالة عدم تحقق هذا الشرط فإنه يهمل تأثير العمود عند حساب جساءة ومقاومة المنشأ القصوى لأحمال الزلازل، على أنه يجب الوفاء بالاشتراطات الخاصة بكانات العمود والمذكورة في البند (٦-٧-٣-٣).

جـ- يجب ألا تقل نسبة تسليح العمود عن ١ % ولا تزيد على ٤ % .

د - يُسمح بعمل وصلات التراكب عند منتصف ارتفاع العمود فقط.

هـ- يجب أن تصمم وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد ، ويُسمح بعمل وصلات لحام أو وصلات ميكانيكية عند أي مقطع بشرط استيفاء البند (٤-٢-٥-٤-٣)، مع عدم وصل أكثر من ربع الأسياخ عند مقطع ما، وعلى ألا تقل المسافة بين الوصلات عن ٦٠٠ مم كما يجب استيفاء وصلات اللحام لمتطلبات المواصفات القياسية.

٦-٧-٣-٣ وصلات الإطارات (منطقة إتصال الأعمدة بالكمرات) Frames Joints

أ - تُحدد القوى في التسليح الطولي للكمرات عند وجه العمود على أساس أن إجهاد الشد في صلب التسليح يساوي مرة وربع إجهاد الخضوع.

ب - تُحدد مقاومة منطقة اتصال الأعمدة بالكمرات (الوصلة) على أساس معامل خفض المقاومة المناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

جـ- يمتد صلب التسليح الطولي في الكمرة والمتوقف فى العمود إلى الوجه البعيد من العمود مع تثبيته بطول تماسك مناسب طبقا للبند (٤-٢-٥-١).

د - حينما يكون هناك امتداد لصلب التسليح لكمرة عبر منطقة اتصال كمرة وعمود (الوصلة) ، يجب ألا يقل قطاع العمود فى اتجاه طول الكمرة عن ٢٠ مثل قطر أكبر سيخ طولي بالكمرة.

هـ- يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة ولا تقل مساحة مقطعها عن القيمة الأكبر الناتجة من كل من المعادلتين:

$$A_{st} = 0.24\left(\frac{s.y_1\ f_{cu}}{f_{yst}}\right)\left[\left(\frac{A_g}{A_k}\right)-1\right] \qquad (6\text{-}52\text{-}a)$$

$$A_{st} = 0.07\left(\frac{s.y_1\ f_{cu}}{f_{yst}}\right) \qquad (6\text{-}52\text{-}b)$$

حيث:

A_g = المساحة الكلية للقطاع

A_k = مساحة مقطع العنصر الإنشائي داخل محيط الكانات

f_{yst} = إجهاد الخضوع لصلب الكانات

s = المسافة بين الكانات

y_1 = بُعد قلب العمود مقاساً من محاور الكانات

A_{st} = المساحة الكلية لمقطع الكانات شاملة الأفرع المتعامدة (cross ties) خلال المسافة s وعمودياً على البعد y_1

و - إذا زاد عرض الكمرة عن عرض العمود المتقاطع معها ولم تتوفر كمرة متقاطعة أخرى يجب وضع كانات عرضية خلال عمق الكمرة لتحزيم الحديد الطولي للكمرة.

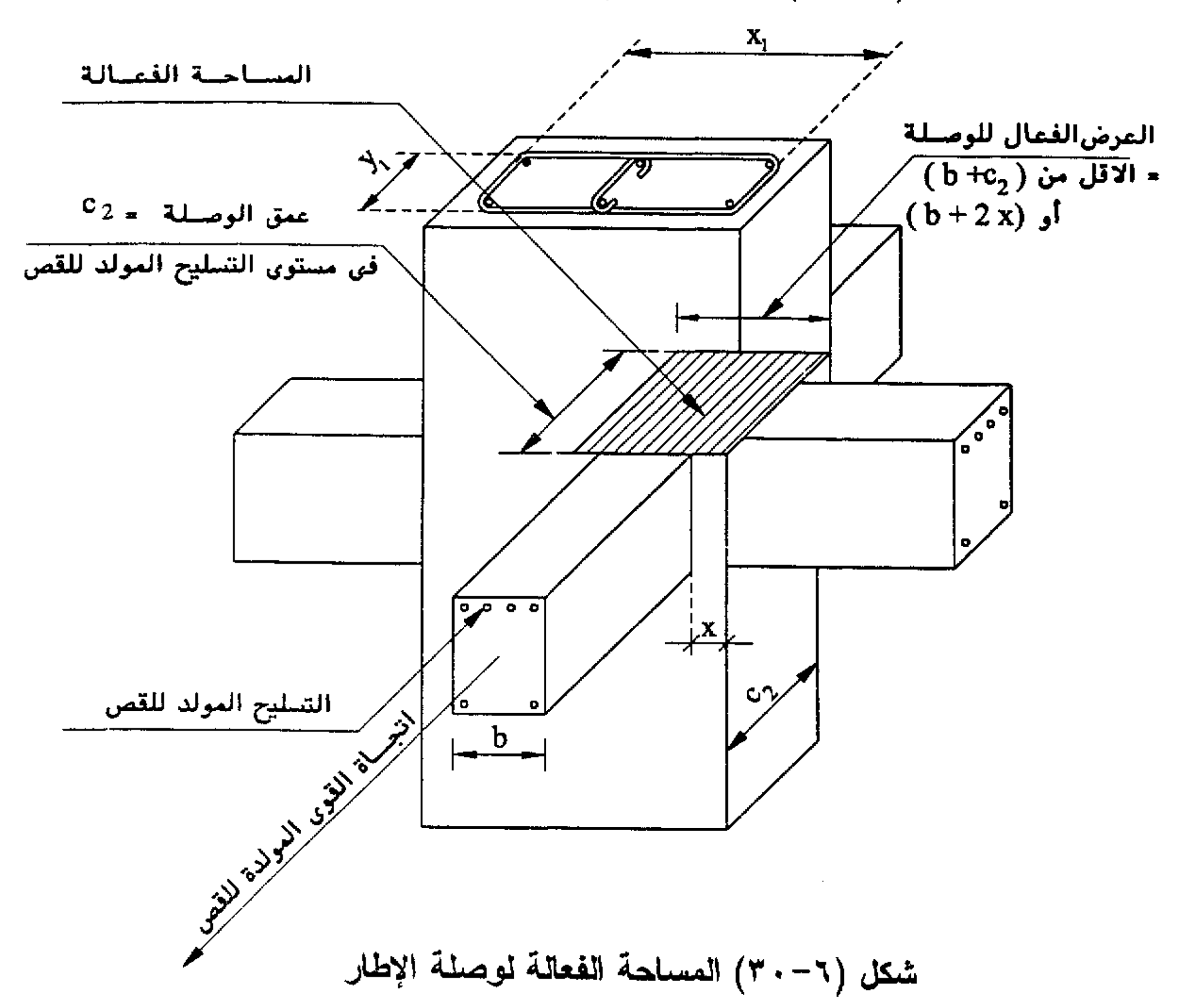
ز - يجب ألا تزيد قوة القص المعرض له وصلة الإطار عن القيمة $0.96A_j\sqrt{f_{cu}}$.

حيث:

A_j = مساحة القطاع الفعال خلال منطقة اتصال العمود بالكمرة في مستوى موازى لمستوى الصلب المتعامد على مستوى القص في منطقة اتصال العمود بالكمرة. وعمق منطقة اتصال العمود بالكمرة هو العمق الكلي للعمود و العرض الفعال لوصلة الإطار لا يقل عن:

- مجموع عرض الكمرة وعمق وصلة الإطار.

- ضعف البعد العمودي الأصغر مقاسا من محور الكمـــرة لحافـــة العمـــود ويساوى $(b + 2x)$ طبقاً للشكل (٦-٣٠).



شكل (٦-٣٠) المساحة الفعالة لوصلة الإطار

٦-٨ الخرسانة سابقة الصنع

يتم تصميم الوحدات الخرسانية سابقة الصنع وفقا للاشتراطات الواردة فـي هـذا البند وتعتبر كافة بنود الكود التي لا تتعارض معه جزءا لا يتجزأ من الاشتراطات الخاصة بتحليل وتصميم الوحدات سابقة الصنع. ولا تكفى اشتراطات هذا البند لتحقيق متطلبات الأمان اللازمة لمقاومة أحمال الزلازل.

٦-٨-١ عام

١ - يتم تصنيع العناصر سابقة الصنع والوصلات والفواصل لمقاومة كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر فى مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والاستخدام، بالإضافة لمقاومة الاجهادات الناتجة عن التقييد الطرفى.

٢ – عند تحليل المنشآت سابقة الصنع، يجب مراعاة أن تكون افتراضات التحليل الخاصة بالسلوك الإنشائي للوصلات مطابقة لسلوكها الفعلي.

٣ – يجب أن يراعى في التصميم والتفاصيل المتطلبات الخاصة للتركيب وذلك مع مراعاة التفاوتات المسموح بها في الأبعاد وفقا لاشتراطات بند (٩-٨-٣) وكذلك الإجهادات الناتجة عن التركيب.

٤ – بالإضافة إلى متطلبات التفاصيل المنصوص عليها فى البند (٧-٢)، يجب إضافة ما يلى سواء في رسومات العطاء أو الرسومات التنفيذية:

أ – تفاصيل التسليح والوصلات وعناصر الارتكاز وسمك الغطاء الخرساني ووسائل رفع وتركيب تلك العناصر لمقاومة الأحمال المؤقتة خلال مراحل التنفيذ.

ب – المقاومة المميزة للخرسانة المستخدمة خلال مراحل التنفيذ المختلفة.

جـ – حالة تشطيب أسطح العناصر.

د – أي تفاوتات خاصة (غير قياسية) مطلوبة للعنصر أو المنشأ.

هـ – أماكن الأربطة والوصلات بين العناصر والقوى المؤثرة عليها.

و – الاحتياطات والتوصيات الخاصة اللازمة للتركيب والتشييد.

٦-٨-٢ توزيع القوى التصميمية بين العناصر

١ – يتم توزيع القوى المتعامدة على مستوى العناصر طبقا للتحليل الإنشائي أو الاختبار التجريبي.

٢ – تنتقل القوى بين عناصر السقف أو الحائط سابق الصنع فى المستوى الواحد طبقا للمتطلبات الآتية:

أ – استمرار مسار القوى في المستوى خلال العناصر والوصلات.

ب – توافر مسار مستمر عن طريق صلب التسليح لمقاومة قوى الشد المتولدة.

جـ – تُصمم الوصلات والأربطة ومناطق الارتكاز لمقاومة جميع القوى اللازم انتقالها بما فيها أى قوى خاصة كالتى تنتج عن التفاوتات أو التشكلات المرنة أو الزحف أو الانكماش أو الحرارة.

٦-٨-٣ تسليح العناصر سابقة الصنع

– يتم تسليح العناصر طبقا للاشتراطات الواردة بهذا البند وتعتبر كافة بنود الكود التي لا تتعارض معه جزء لا يتجزأ من هذه الاشتراطات.

- يجب ألا يقل كل من صلب التسليح الأفقي وصلب التسليح الرأسي في الحوائط عن ٠,٢٥% من مساحة القطاع الخرسانى الكلي.
- يجب ألا يقل صلب تسليح بلاطات الأسقف في أى اتجاه عن ٠,١٥ % من مساحة القطاع.

٦-٨-٤ التكامل الإنشائي Structural Integrity

٦-٨-٤-١ في المنشآت الخرسانية سابقة الصنع بارتفاع لا يتعدى طابقين يجب استيفاء الشروط التالية:

١ - ضرورة استخدام أربطة طولية وعرضية و رأسية وحول محيط المنشأ لضمان اتصال العناصر سابقة الصنع بالنظام الإنشائي المقاوم للأحمال الجانبية.

٢ - في الأسقف المكونة من عناصر سابقة الصنع والتى تعمل كمستويات أفقية جاسئة (Rigid horizontal diaphragms) تكون مقاومة الشد القصوى الاعتبارية (Nominal ultimate tensile strength) للوصلة بين هذه الأسقف و العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية قادرة على تحمل مالا يقل عن ٤,٥ كيلونيوتن/م.

٣ - يجب استخدام الأربطة الرأسية في كل العناصر الإنشائية الرأسية ويتحقق ذلك بعمل وصلات عند الفواصل الأفقية طبقا لما يلي:

أ - يجب ألا تقل المقاومة القصوى الاعتبارية في الشد للأعمدة سابقة الصنع عن $1.4\ A_g$ نيوتن حيث A_g هى مساحة قطاع الخرسانة الكلية المطلوبة حسابيا بالمليمتر المربع. وفى حالة الأعمدة ذات قطاع فعلي أكبر من المطلوب حسابيا يمكن استبدال A_g بالمساحة الفعالة للقطاع والتى تعتمد على القطاع المطلوب حسابياً بشرط ألا تقل عن نصف المساحة الفعلية لقطاع العمود.

ب - في الحوائط سابقة الصنع يتم استخدام رباطين على الأقل فى الحائط ولا تقل المقاومة القصوى الاعتبارية للشد عن ٤٥ كيلونيوتن لكل رباط. وهذه الأربطة تكون متماثلة حول المحور الرأسي للحائط وتقع في الربع الخارجي للحائط كلما أمكن ذلك.

٤ - يجب عدم الاعتماد على مقاومة الاحتكاك الناتجة من الأحمال الرأسية الدائمة عند تصميم وعمل تفاصيل الوصلات.

٦-٨-٤-٢ فى المنشآت ذات الحوائط الحاملة سابقة الصنع بارتفاع ثلاث طوابق فأكثر، يجب على الأقل تحقيق الشروط التالية (شكل ٦-٣١):

١ - يزود النظام الإنشائي للأسقف بأربطة طولية وعرضية تكفل تحقيق مقاومة قصوى اعتبارية لاتقل عن ٢٢ كيلونيوتن/م من العرض أو الطول على التوالى. ويُشترط وضع هذه الأربطة عند مناطق ارتكاز الحوائط الداخلية وكذلك بين عناصر المنشأ والحوائط الخارجية ، ويتم رصها في مسافة لا تزيد عن ٦٠٠ مم من منسوب الأرضية أو السقف.

٢ - الأربطة الطولية الموازية لبحور الأسقف يتم رصها على مسافات لا تزيد على ٣,٠٠ متر، ويجب اتخاذ كافة الاحتياطات لنقل القوى حول الفتحات.

٣ - الأربطة العرضية المتعامدة على بحور الأسقف يتم رصها على مسافات لا تزيد على المسافة بين الحوائط الحاملة.

٤ - الأربطة حول المحيط الخارجي لكل سقف يتم رصها في مسافة ١,٢٠ متر من حافة السقف ويجب أن تحقق مقاومة فى الشد لا تقل عن ٧٠ كيلونيوتن.

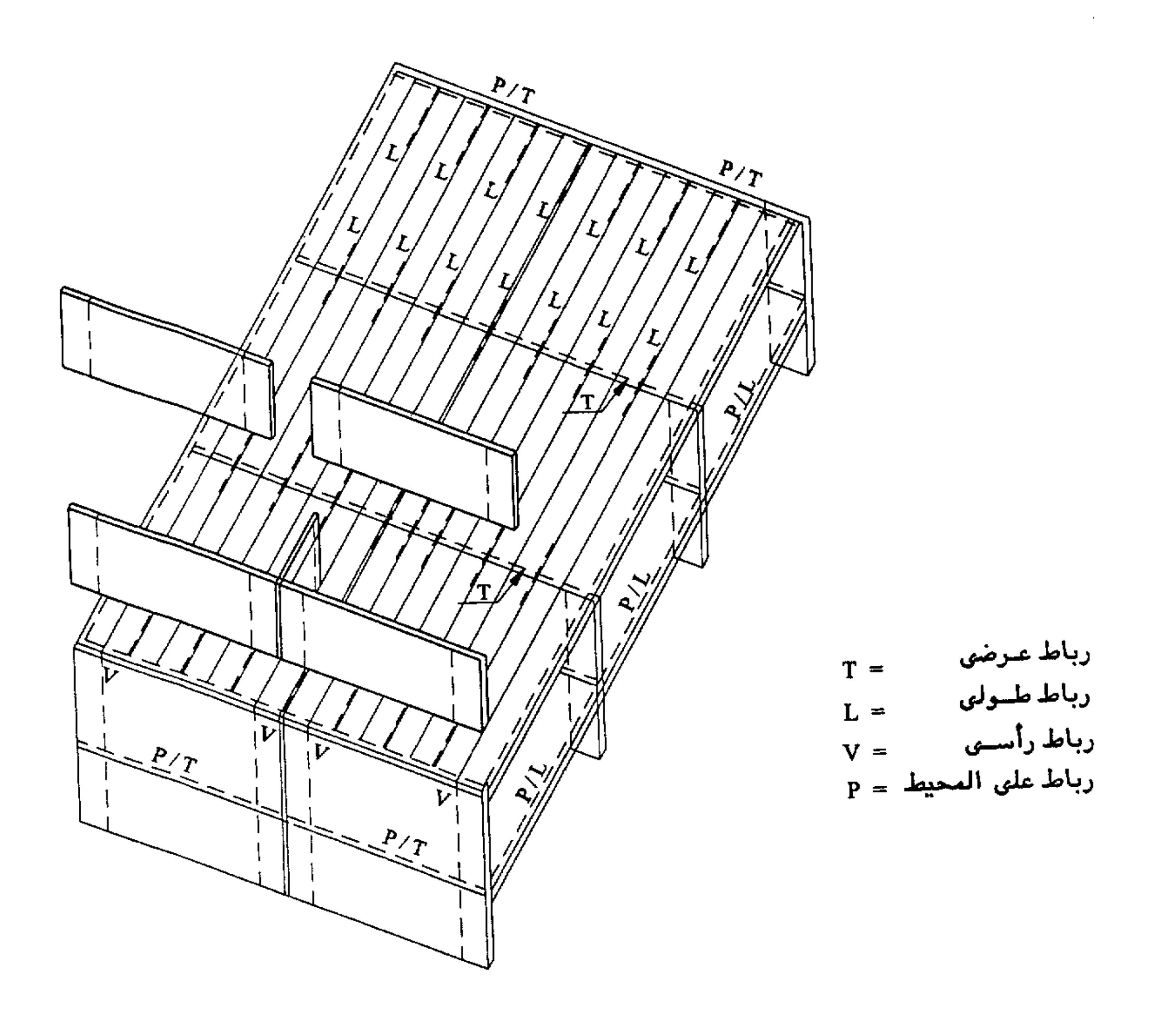
٥- يتم استخدام الأربطة الرأسية فى جميع الحوائط ، كما يجب أن تكون مستمرة فى طول ارتفاع المبنى ويجب أن تحقق هذه الأربطة مقاومة قصوى اعتبارية في الشد لا تقل عن ٤٠ كيلونيوتن لكل متر أفقي من الحائط، ويجب استخدام رباطين على الأقل لكل حائط.

٦-٨-٥ تصميم الوصلات ومناطق الارتكاز

٦-٨-٥-١ يمكن السماح بانتقال القوى بين العناصر عن طريق أي من الفواصل المحقونة أو مفاتيح القص أو الوصلات الميكانيكية أو وصلات صلب التسليح أو طبقة الفوقية المسلحة (Reinforced topping) أو عن طريق مجموعة من هذه الوسائل ويُفضل استخدام الوصلات الميكانيكية مع الفواصل المحقونة أو مفاتيح القص فى المنشآت المكونة من ثلاثة أدوار فأكثر.

٦-٨-٥-٢ يتم تحديد صلاحية الوصلات لنقل القوى بين العناصر عن طريق التحليل أو بالاختبار التجريبي وعندما يكون القص هو الحمل الأساسي المؤثر فإنه يجب استيفاء الشروط الواردة في بند (٤-٢-٢-٤).

٦-٨-٥-٣ عند تصميم وصلات ذات مواد مختلفة الخواص الإنشائية يجب أخذ الجساءة النسبية للمواد وأقصى مقاومة لها وممطوليتها في الاعتبار.



شكل (٦-٣١) التوزيع النمطي الخطى لأربطة الشد في المباني ذات البواكى سابقة الصب

٦-٨-٥-٤ فى حالة ارتكاز عناصر الأسقف سابقة الصنع على ركائز بسيطة ، يجب أن تستوفى الشروط التالية:

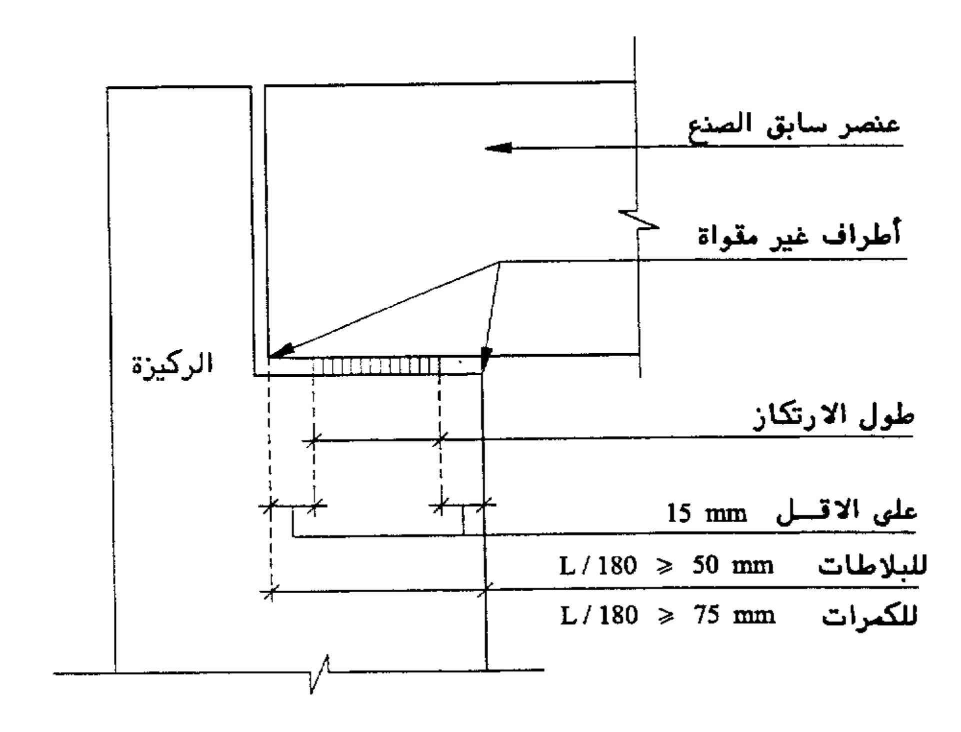
١ - يجب ألا تزيد إجهادات الارتكاز المسموح بها على سطح التلامس بين العناصر المرتكزة والمرتكز عليها على مقاومة الارتكاز لأى من أسطح التلامس مع عنصر الارتكاز. وتُحدد مقاومة الخرسانة للارتكاز طبقا لاشتراطات بند (٤-٢-٤) أو بند (٥-٦).

٢ - إذا لم يثبت بالتحليل الإنشائي أو بالاختبار التجريبي وجود قصور فى السلوك الإنشائى للوصلة أو مناطق الارتكاز للعناصر سابقة الصنع يجب توافر الشروط التالية:

أ - يجب التأكد من أن الأبعاد التصميمية - لكل عنصر وعناصر ارتكازه بعد الأخذ في الاعتبار التفاوتات المسموح بها - تستوفى شرط أن المسافة بين حافة الركيزة ونهاية العنصر سابق الصنع المرتكز عليها لا تقل عن (١/١٨٠) من البحر الصافى للعنصر على ألا تقل عن ٥٠مم للبلاطات و ٧٥مم للكمرات كما هو موضح بالشكل (٦-٣٢).

ب - يتم وضع وسادات الارتكاز للأطراف غير المقواه، وذلك على مسافة لاتقل عن ١٥ مم من وجه الركيزة أو على الأقل عرض الشطف المائل وذلك في الأطراف المشطوفة على المائل.

٣ - لا تنطبق اشتراطات البند (٤-٢-٥-٣-جـ) على التسليح المقاوم لعزوم الانحناء الموجبة في العناصر سابقة الصنع المحددة استاتيكيا، ولكن يجب أن يمتد ثلث هذا التسليح على الأقل إلى منتصف طول الارتكاز.



شكل (٦-٣٢) طول الارتكاز لعنصر سابق الصنع

٦-٨-٦ الأجزاء المدفونة بعد صب الخرسانة

يجوز تثبيت الأجزاء المدفونة وذلك أثناء مرحلة اللدونة للخرسانة مثل الأشاير والملحقات التي تكون بارزة من سطح الخرسانة أو تظل مكشوفة بغرض المعاينة بشرط توافر ما يلي:

١ – ألا تكون الأجزاء المدفونة ذات نهاية خطافية أو مربوطة بالتسليح الموجود داخل الخرسانة.

٢ – أن يتم تثبيت الأجزاء المدفونة فى وضعها الصحيح أثناء مرحلة اللدونة للخرسانة.

٣ – أن يتم دمك الخرسانة جيدا حول الأجزاء المدفونة.

٦-٨-٧ الترقيم والتمييز

١- يجب أن يتم ترقيم كل عنصر سابق الصنع لتوضيح مكانه واتجاهه فى المنشأ وأيضا تاريخ التصنيع.

٢- يجب أن تكون علامات التمييز مطابقة لرسومات التركيب.

٦-٨-٨ المناولة

١- عند تصميم العناصر سابقة الصنع ، يجب الأخذ فى الاعتبار كافة القوى والتشوهات (Distortions) الناتجة أثناء المعالجة وفك الشدات والتخزين والنقل والتركيب.

٢- يجب تثبيت الوحدات سابقة الصنع أثناء التركيب بوسائل تضمن عدم اختلال وضعها حتى الانتهاء من صب الوصلات الدائمة.

٦-٨-٩ تقييم مقاومة العناصر سابقة الصنع

١ – يمكن اختبار العناصر سابقة الصنع التى تستخدم بالإضافة إلى خرسانة مصبوبة فى مكانها – فى الانحناء – بتحميل العنصر سابق التصنيع فقط طبقا لما يلى:

أ – يمكن التأثير بأحمال الاختبار فقط عندما توضح الحسابات أن العنصر سابق الصنع منفردا لن يكون حرجا في الضغط أو الانبعاج.

ب – حمل الاختبار هو ذلك الحمل الذي عند تطبيقه على العنصر سابق الصنع منفردا يعطى نفس قوة الشد الكلية في تسليح الشد التي ستتواجد عند تحميل العنصر المركب بحمل الاختبار طبقا للبند (٨-٧-٧).

٢- يُعتبر العنصر سابق الصنع مقبولا إذا استوفى الشروط الواردة في بند (٨-٧-٧).

٦-٩ النموذج الحسابى ونموذج التحقق لتمثيل المنشآت على الحاسب الآلى

٦-٩-١ الشروط الواجب توافرها فى النموذج الحسابى

يُسمح باستخدام طرق التحليل العددى باستخدام الحاسب الآلــى مثــل طريقــة العنـاصر المحددة أو أى طرق عددية أخرى لتعيين القوى الداخلية فى المنشآت وذلك بشرط أن تُســتوفى الطريقة المستخدمة شروط الاتزان وتوافق الانفعالات مع تحقيق الشروط التالية:

٦-٩-١-١ شروط هندسية

١ – فى حالة استخدام طريقة العناصر المحددة (Finite elements) تُختار نسبة المستطيلية لتلك العناصر الممثلة للشبكة بحيث لا تؤثر على دقة النتائج .

٢ – يُفضل أن تمر خطوط الشبكة المستخدمة فى الطرق العددية بالأعمدة وذلك باستخدام شبكات ذات أبعاد مختلفة وفقاً لمتطلبات الحل.

٣ – يجب أن يمثل النموذج الحسابى السلوك الحقيقى للمنشأ من حيث الشــكل الهندســى والدعامات (حجم وجساءة عناصر الدعامات) والأحمال وحالات منع التقييد الطرفى.

٦-٩-١-٢ شروط إنشائية

١ – يجب التأكد من مسار الأحمال (Loading path) وانتقالها من عنصر إلى الآخر حتى الأساسات.

٢ – يجب الأخذ فى الاعتبار حالات التحميل المختلفة المؤثرة علــى المنشــأ لضمــان الحصول على قيم الإجهادات العظمى عند أى قطاع .

٣ – يجب التحقق من قيم سهم الانحناء مع الأخذ فى الاعتبار تأثير التشرخ والزحف طبقا للبند (٤-٣).

٤ – فى المنشآت عموماً وعلى وجه الخصوص فى البلاطات يجب اعتبار جساءة العمود فى الاتجاهين وجساءة الكمرات .

٥ – فى حالة تمثيل كمرات السقف فى الإتجاهين كشبكة يجب اعتبــار جميــع القــوى الداخلية من عزوم انحناء وقوى محورية وقص وعزوم لى عند التصميم.

٦ – يمكن أخذ تأثير التشرخات فى الاعتبار عند التحليل الإنشائى . وفى الحالات التــى يصعب فيها أخذ تلك التشرخات فى الاعتبار يمكن إعادة توزيع العــزوم والقــوى

الداخلية الناتجة عن التحليل أخذاً فى الاعتبار التأثيرات المحتملة للشروخ على السلوك الإنشائى للمنشأ وكذلك على تحديد مساحات واتجاهات صلب التسليح.

٦-٩-٢ مراجعة نتائج التحليل بالحاسب الآلى

١ - يجب مراجعة المدخلات (الشكل الهندسى - التقييد - الأحمال - خواص المواد) التى استخدمت فى الحل وكذلك الاتزان العام للمنشأ.

٢ - يجب التحقق من عدم تعارض النتائج مع متطلبات الاتزان بين الأحمال والقوى الداخلية وتوافق الانفعالات والتشكل والسلوك المتوقع للمنشأ وأشكال التقييد.

٣ - يجب التحقق من أن البرنامج المستخدم فى الحل يعطى نتائج متوافقة مع طرق الحل التقليدية بدرجة دقة مقبولة.

٦-٩-٣ البلاطات

بالإضافة لما سبق ذكره فى البنود (٦-٩-١) و (٦-٩-٢) يجب اعتبار الآتى:

١ - يمكن تمثيل عناصر البلاطات باستخدام عناصر قشرية (Shell elements) أو عناصر انحناء (Plate bending elements).

٢ - عند تمثيل الأسقف المكونة من بلاطات وكمرات باستخدام العناصر المحددة وفى حالة تمثيل البلاطة بعناصر انحنائية أو عناصرقشرية بينما يتم تمثيل الكمرات بعناصر طولية يجب الأخذ فى الاعتبار لا مركزية العنصر الممثل للبلاطة عن محور جساءة العنصر الممثل للكمرة. ويمكن أخذ ذلك فى الحسبان باعتبار عنصر الكمرة ذات جساءة مساوية لقطاع على شكل حرف T أو L ذات عرض شفة يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

٣ - فى حالة وضع صلب التسليح فى إتجاهين متعامدين يمكن وضع الصلب فى شرائح متعامدة على أن يكون توزيع صلب التسليح داخل الشريحة الواحدة منتظم. ويتم حساب عزوم الانحناء داخل الشريحة كما يلى:

$$\overline{m_x} = |m_x| + |m_{xy}| \qquad (6\text{-}53\text{-}a)$$

$$\overline{m_y} = |m_y| + |m_{xy}| \qquad (6\text{-}53\text{-}b)$$

حيث:

$\overline{m_x}$ ، $\overline{m_y}$ هى القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر فى اتجاه x ، y على التوالى وبشرط ألا تزيد قيمة $\overline{m_x}$ أو $\overline{m_y}$ على مرة ونصف عزم الانحناء المتوسط فى الشريحة

$|m_x|$ ، $|m_y|$ هى القيمة الجبرية المطلقة لعزوم الانحناء لكل وحدة طول داخل الشريحة

$|m_{xy}|$ هى القيمة الجبرية المطلقة لعزوم اللى لكل وحدة طول داخل الشريحة

٤ – يمكن توزيع القيد الناتج من وجود العمود فى المسقط الأفقى على مساحة العمود على أن يتم التصميم على أساس العزوم الناتجة على مستويات أوجه الأعمدة وفى حالة تمثيل العمود بنقطة يتم التصميم على أساس العزوم السالبة عند حدود محيط الأعمدة.

٥ – يمكن وضع صلب التسليح الرئيسى عموماً فى اتجاه إجهادات الشد الرئيسية وفى حدود سماحية ± ١٥° أو وضع صلب التسليح فى اتجاهين متعامدين طبقاً لما سبق.

٦–٩–٤ اللبشة

بالإضافة لما سبق ذكره فى البنود (٦–٩–١) و (٦–٩–٢) يجب اعتبار الآتى:

١ – يمكن توزيع حمل العمود فى المسقط الأفقى على مساحة العمود على أن يتم التصميم على أساس العزوم الناتجة عند مستويات أوجه العمود.

٢ – يجب تمثيل التربة بنموذج ومعاملات طبقاً لما هو وارد فى كود الأساسات مع ضرورة الأخذ فى الاعتبار القيم المسموح بها فى الهبوط والإجهادات على التربة .

٣ – تُعتبر اللبشة جاسئة إذا كانت تستوفى اشتراطات البند (٦–٦–٢–٢).

٤ – يجب عند إجراء تحليل إنشائى للبشة التأكد من عدم وجود إجهادات شد بين اللبشة ونموذج تمثيل التربة.

٦–٩–٥ الكمرات والأعمدة والإطارات

١ – يمكن فى تحليل الأعمدة استخدام التحليل الإنشائى من الدرجة الثانية (P-Δ effect) مع ضرورة ألا تقل عزوم الانحناء التصميمية الناتجة من هذا التحليل عما هو معطى بالباب السادس.

٢ – فى حالة حل الإطارات كإطارات فراغية يجب عند تصميم القطاعات أخذ جميع القوى المصاحبة لبعضها عند نفس حالة التحميل في الاعتبار.

٦-٩-٦ الكمرات العميقة والكوابيل القصيرة والحوائط

يمكن استخدام الطرق العددية فى حساب الإجهادات والانفعالات فى الكمـــرات العميقـــة والكوابيل والحوائط الخرسانية على ألا تقل القيم الناتجة عن قيم التصميم المذكورة فى طـــرق التحليل الواردة فى هذا الكود.

الباب السابع

التفاصيل الإنشائية

٧-١ اعتبارات عامة

ينبغي أن تكون الرسومات التنفيذية لأعمال الخرسانة واضحة التفاصيل وكاملة الأبعاد، كما يجب أن تُعد وفقاً للحسابات الإنشائية وبطريقة تبسط أعمال الشدات والفرم، وتسهل صب الخرسانة.

٧-٢ الرسومات الإنشائية ومواصفات الرسومات

يتم إعداد الرسومات الإنشائية طبقاً للتصميمات المعدة بواسطة مهندسين متخصصين ومعتمدين من نقابة المهندسين – سواء من المكتب المصمم أو ما يكلف به المكتب المصمم للمقاول بتقديمه لاعتماده منه – لتحتوى على جميع التفاصيل اللازمة لتنفيذ المشروع طبقاً للبيانات الموضحة في هذا الباب.

٧-٢-١ الرسومات المبدئية Scheme Drawings

يتم عمل الرسومات المبدئية من واقع الرسومات والمتطلبات المبدئية للمشروع، بغرض توزيع أماكن الأعمدة مع تقدير أبعاد تقريبيه للعناصر الإنشائية يتمكن منها المهندس المعماري من إعداد الرسومات النهائية للمشروع – وتُقدم هذه الرسومات عادة بمقياس رسم ١ : ١٠٠ .

٧-٢-٢ رسومات العطاء Tender and Design Drawings

يتم عمل رسومات العطاء بمقياس رسم مناسب وتوضح عليها جميع العناصر الإنشائية للمبنى بطريقة تسمح للمقاولين – المتقدمين بعطاءاتهم لتنفيذ المشروع – من تقدير كميات الخرسانة والشدات والفرم وصلب التسليح. ويراعى أن تشمل هذه الرسومات البيانات التالية:

٧-٢-٢-١ الأحمال

توضح الأحمال الحية والإضافية التي صممت بموجبها وذلك على كل جزء من أجزاء المبنى، والتأثيرات الديناميكية لأى أجهزة أو ماكينات إن وجدت، وكذلك أحمال الأرضيات

والتغطيات، أحمال الشدات التي يُسمح بتحميلها على الأسقف. وفى حالة استعمال أنواع خاصة من الشدات جب الرجوع إلى المهندس المصمم لاعتمادها.

وفى حالة وجود أحمال أخرى في بعض المنشآت ذات الطبيعة الخاصة مثل المصانع ومحطات القوى والمياه والصرف الصحي وصوامع التخزين ... الخ – فإنه يتم تحديد قيمة هذه الأحمال على رسومات الأبعاد الخرسانية أو يُذكر أرقام الرسومات الميكانيكية التي وردت فيها هذه الأحمال.

٧-٢-٢-٢ خواص المواد المستخدمة

تشمل الإجهادات المميزة للخرسانات المستخدمة لعناصر المبنى مع ذكر نوعية الأسمنت وأقل كمية منه في الخلطة الخرسانية يُسمح بها وأي إضافات خاصة لتحسين خواص الخلطات، وكذلك نوعية صلب التسليح المستخدم ورتبته وطبقا للمصطلحات المستعملة للتمييز بين النوعيات المختلفة كما يلي :

- ϕ صلب التسليح الطري الأملس السطح (Plain mild steel) رتبة 240/350.
- Ф صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة 360/520.
- Φ صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة 400/600.
- # شبك صلب من الأسياخ الملحومة (Welded wire mesh) رتبة 450/520.

و يُحدد أيضا على رسومات التسليح سمك الغطاء الخرساني لصلب التسليح في العناصر المختلفة للمبنى وطبقا لما هو وارد في البنود (٤-٣-٢-٣-ب) و (٩-٧).

٧-٢-٢-٣ بيانات عن الأساسات

يوضع على رسومات الأساسات منسوب التأسيس والإجهاد المسموح به على تربة التأسيس وأنواع الخوازيق المستعملة وحمل التشغيل لكل خازوق (إن وجدت)، وكذلك أماكن ومواصفات الطبقات العازلة للمياه إن وجدت ، كما يلزم بيان عدد الأدوار التي صمم عليها المبنى.

٧-٢-٢-٤ الخرسانة سابقة الصب

في حالة استعمال الخرسانة سابقة الصب يُراعى عند عمل الرسومات الشروط الواردة في البند (٦-٨) مع توضيح البيانات التالية على الرسومات:

أ- الحد الأدنى لجهد الضغط المميز للخرسانة قبل فك الفرم وعند نقل الوحدات الجاهزة من أماكن الصب إلى أماكن التشوين أو التركيب.

ب- تحديد الأماكن التي سيتم رفع الوحدات الجاهزة منها وتفاصيل التسليح الإضافي عند هذه الأماكن مع تحديد طريقة التشوين لتفادى حدوث أي إجهادات غير مسموح بها في أى قطاع نتيجة لأعمال الرفع أو التشوين.

جـ- تحديد وزن كل عنصر لعمل الترتيب اللازم نحو توفير المعدات المناسبة لأعمال النقل والتشوين والتركيب.

د- يراعى رسم تفاصيل كافية وبمقياس لا يقل عن ١ : ٢٠ عند جميع الفواصل بين الوحدات الجاهزة مع تحديد أماكن وطريقة صلب هذه الوحدات لحين تصلد المونة أو المواد التي سيتم ملء هذه الفواصل بها.

٧-٢-٣ الرسومات التنفيذية Workshop Drawings

تشمل الرسومات التنفيذية التفاصيل اللازمة لتنفيذ جميع العناصر الإنشائية للمبنى، ويتم عملها بمقياس رسم مناسب ، ويفضل أن تكون بمقياس رسم ١ : ٥٠ على الأقل . وتشمل هذه الرسومات ما يأتى:

أ- بيانات الأبعاد الخرسانية

١- مساقط أفقية وقطاعات كافية لبيان الأبعاد الخرسانية لجميع العناصر الإنشائية وأبعاد المحاور والمناسيب وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات والكوابيل والأعمدة. ويراعى عند تحديد أبعاد الكمرات والكوابيل ذكر العرض أولاً ثم العمق الكلى شاملاً سمك بلاطة السقف.

٢ - أماكن وتفاصيل الفتحات ومسامير الربط والأجزاء المدفونة اللازمة لأعمال الصرف والتكييف وتثبيت الماكينات ...... الخ.

٣- أماكن وتفاصيل فواصل التمدد أو الانكماش ، وكذلك مقدار التحديب للبلاطات والكمرات والكوابيل في المنشآت ذات البحور أو البروزات الكبيرة، وكذلك أماكن فواصل الصب إذا دعت الحاجة.

ب ـ بيانات عن صلب التسليح

توضح هذه البيانات تفاصيل التسليح ويراعى ربط هذه البيانات مع رسومات الأبعاد الخرسانية لتسهيل التنفيذ، مع مراعاة ما يلى:

١- بيان ترتيب الطبقات في حالة وجود شبكة من صلب التسليح مثل المستخدمة في تسليح البلاطات والحوائط.

٢- توضح الأسياخ المكسحة والمستقيمة بالبلاطات على المسقط الأفقي بشكلها الحقيقي ويمكن رسم سيخ واحد من كل نوع في كل بلاطة مع ذكر العدد لكل نوع في المتر الطولي أو العدد الإجمالي في كل بلاطة ومقترنة بالمسافة بين الأسياخ. وفى حالة وجود كوابيل، يرسم قطاع بمقياس رسم مناسب لهذه الكوابيل مع العناصر الإنشائية المتصلة بها.

٣- الكمرات المطلوب عمل تفاصيل تسليح لها يتم رسمها على المساقط الرأسية بمقياس رسم لا يقل عن ١ : ٥٠، ويرسم التسليح بخطوط متصلة مع عمل القطاعات الكافية في كل كمرة بمقياس رسم مناسب، ويفضل بيان تفريد التسليح خارج الكمرات، وكتابة أطوال الأسياخ.

٤ - بالنسبة للأعمدة ترسم قطاعات لنماذج الأعمدة في مناسيب مختلفة للمنشأ بمقياس رسم مناسب . ويراعى رسم مسقط رأسي للأعمدة في حالة وجود اتصال بين صلب تسليحها وصلب تسليح الكمرات، ويستحسن في هذه الحالة تفريد صلب التسليح خارج المسقط بمقياس رسم مناسب، وكذلك في حالة حدوث تغيير في شكل العمود. وفى جميع الأحوال توضح أي اشتراطات لأماكن عمل الوصلات في صلب تسليح الأعمدة وطول الرباط وثني الأسياخ السفلية عند الوصلة بالطريقة التي تسمح باستمرار صلب التسليح في مكانه بكامل ارتفاع العمود.

٧-٢-٤ الرسومات التفصيلية Detailed Drawings

في بعض الحالات يلزم عمل رسومات تفصيلية بمقياس رسم يتناسب مع الدقة المطلوبة لتنفيذ هذه الأعمال وتشمل ما يلي على سبيل المثال:

١- بعض نقاط الاتصال بالمنشآت الخرسانية حيث تتركز كمية كبيرة من صلب التسليح وترسم هذه التقاطعات لتوضيح ترتيب الأسياخ والتأكد من وجود الفراغات الكافية بين الأسياخ لصب ودمك الخرسانة من خلالها.

٢ - عمل قوائم لصلب التسليح تشمل تفريد التسليح وأطوال الأسياخ وترقيمها ليسهل وضعها في مكانها بالفرم.

٣ - في بعض الحالات يلزم عمل رسومات تفصيلية للفرم أو الشدات الخشبية أو المعدنية لضمان دقة التنفيذ ويراعي عند تصميم هذه الفرم والشدات التأكد من قدرتها على مقاومة الأحمال الواقعة عليها وضغط الخرسانة الطازجة خلال مراحل الصب.

٤ - يلزم في بعض الحالات الخاصة توضيح مقدار الترخيم المتوقع في الأعضاء الخرسانية عند فك الشدات والفرم للأخذ بها في الاعتبار عند تشكيل هذه الفرم وعملها بالطريقة التي تسمح بسهولة فكها وإعادة إنشائها.

٥ - في حالة تنفيذ قواعد المعدات الميكانيكية والكهربائية التي تحتاج إلى دقة عالية في تحديد أماكن مسامير الربط يتم عمل رسومات تفصيلية لطرق تثبيت مسامير الربط في أماكنها في الفرم أو مع صلب التسليح.

٧-٢-٥ جدول عنوان الرسم ومشتملاته

يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند تطبيق الرسم ويجب أن يحتوى على البيانات التالية:

- اسم المشروع واسم المالك وعنوانه.
- اسم المكتب المصمم وعنوانه ويستحسن اسم المهندس المسئول عن الرسم.
- اسم الجهة أو الهيئة المنوط بها مراجعة المشروع (إذا لزم الأمر).
- اسم المقاول إذا كان التصميم والرسم تم إعداده بمعرفته.
- مقياس الرسم.
- تاريخ عمل الرسم.
- اسم اللوحة ورقمها.

- التعديلات وتواريخها وملخص لهذه التعديلات وتوضيح مكانها على الرسم بعد عمل التعديلات، ويجب على مهندس المشروع حفظ نسخة من الرسومات قبل وبعد كل تعديل للرجوع إليها عند الحاجة.
- الإصدار ورقمه إذا كان هناك إحتمال لأكثر من إصدار خاصة عند تتابع ورود الرسومات الميكانيكية والكهربية للمشروع وإعدادها فى أكثر من اصدار.

٧-٣ ترتيبات خاصة لصلب التسليح

تفاصيل التسليح أساسية وهامة جداً لضمان التنفيذ السليم لأعمال الخرسانة مع مراعاة أن تكون هذه التفاصيل بالقدر الكافي الذي يسمح بعمل قوائم يشكل بموجبها صلب التسليح لجميع أجزاء المشروع.

٧-٣-١ استخدام أنواع مختلفة من التسليح في نفس العنصر الإنشائى

أ- يُفضل تفادى استخدام أنواع مختلفة من صلب التسليح من حيث النوع أو الرتبة في نفس العنصر الإنشائي بقدر الإمكان لمنع حدوث أي خطأ أو التباس عند ترتيب التسليح مما قد يؤدى إلى خطورة إنشائية .

ب- يُسمح باستخدام نوعين مختلفين من صلب التسليح في نفس العنصر الإنشائي، على أن يكون كل منهما يقاوم إجهادات مختلفة في النوع أو الاتجاه مثل استخدام نوع للتسليح الرئيسي ونوع آخر للتسليح الثانوي في البلاطات، أو نوع للتسليح الرئيسي بالكمرات والأعمدة ونوع آخر للكانات.

٧-٣-٢ توقف أطراف الأسياخ وطول التماسك والوصلات

يتم تثبيت أطراف أسياخ صلب التسليح بالخرسانة بإحدى الطرق التالية :

أ - أسياخ مستقيمة الأطراف.

ب - أسياخ بنهايات خطافية على هيئة شكل ⊂ أو ⊏ أو نهايات قائمة الزاوية على شكل L كما هو مبين بجدول (٧-٤) والبند (٤-٢-٥-١) أو دائرية بأطراف مستمرة ⊂ (Loop).

جـ- باستخدام أسياخ عرضية أو قطع من ألواح صلب ملحومة عند نهاية الأسياخ المطلوب تثبيتها بالخرسانة . ويراعى عدم توقف نسبة كبيرة من الأسياخ في نفس القطاع الخرساني دفعة واحدة منعاً لتركيز الاجهادات في هذا القطاع ، ويُفضل دائماً استعمال عدد أكبر من الأسياخ ذات القطر الأصغر قدر الإمكان حتى يمكن تـوقيف الأسياخ على مراحل.

د - يتم حساب طول التماسك وطول وصلات أسياخ التسليح واللحام طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥).

٧-٣-٢-١ الوصلات بالتراكب

يجب تحديد المكان وعدد الأسياخ فى كل وصلة والمسافة بين الأسياخ وطريقة ربطها وتثبيتها كما فى بند (٤-٢-٥-٤-٢).

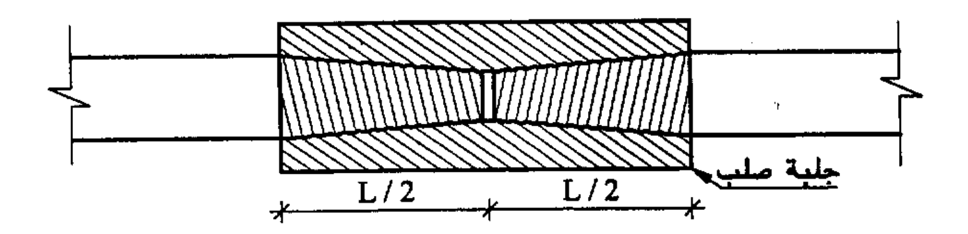
٧-٣-٢-٢ الوصلات الميكانيكية

أ - تُستعمل هذه الوصلات للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦ مم ويتم تنفيذها بواسطة جلب من صلب لا تقل مواصفاته عن مواصفات الأسياخ الموصولة، كما يجب ألا تقل مقاومة قطاعها عن ١٢٥ % من مقاومة الأسياخ.

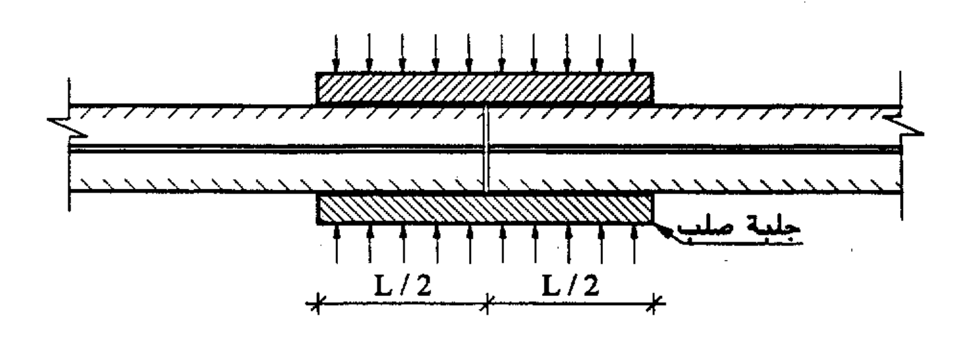
ب - لا يُسمح بأن يزيد مقدار الانزلاق فى الوصلة عند حمل التشغيل على ٠,١ ملليمتر.

جـ- يتم تنفيذ هذه الوصلات بطريقتين : الطريقة الأولى بواسطة قلوظة كل من الجلب من الداخل ونهايات الأسياخ من الخارج كما هو مبين بالشكل (٧-١- أ) والطريقة الثانية تستخدم في حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات بواسطة جلب يتم الضغط على محيطها الخارجي على نهايات الأسياخ المطلوب وصلها بمكابس خاصة لتنقل الإجهادات بين الأسياخ بواسطة الاحتكاك بين السطح الداخلي للجلبة مع السطح الخارجي لنهايات الأسياخ كما هو مبين بالشكل (٧-١-ب).

د - يلزم عند استعمال الوصلات الميكانيكية عمل الاختبارات الكافية على عينات لتأكيد قدرتها على مقاومة إجهادات التشغيل واستيفاء الشروط المذكورة عاليه والواردة بالبند (٤-٢-٥-٤-٣). ويتم تحديد هذه الاختبارات بمعرفة المهندس الاستشاري للمشروع.



شكل (٧-١-أ) الوصلات الميكانيكية باستخدام جلبة مقلوظة



شكل (٧-١-ب) الوصلات الميكانيكية فى حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات

٧-٣-٢-٣ الوصلات باللحام

تُستعمل وصلات اللحام للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦ مم ولنوعية الصلب القابل للحام بند (٤-٢-٥) طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥-٤-٣) وطبقا للتفاصيل المبينة بالأشكال (٧-١-جـ) و (٧-١-د) ويراعى أن تتم أعمال اللحام طبقا للشروط التالية:

١ - يُستخدم اللحام بالكهرباء.

٢ - يجب أن يكون محور السيخين الملحومين على استقامة واحدة.

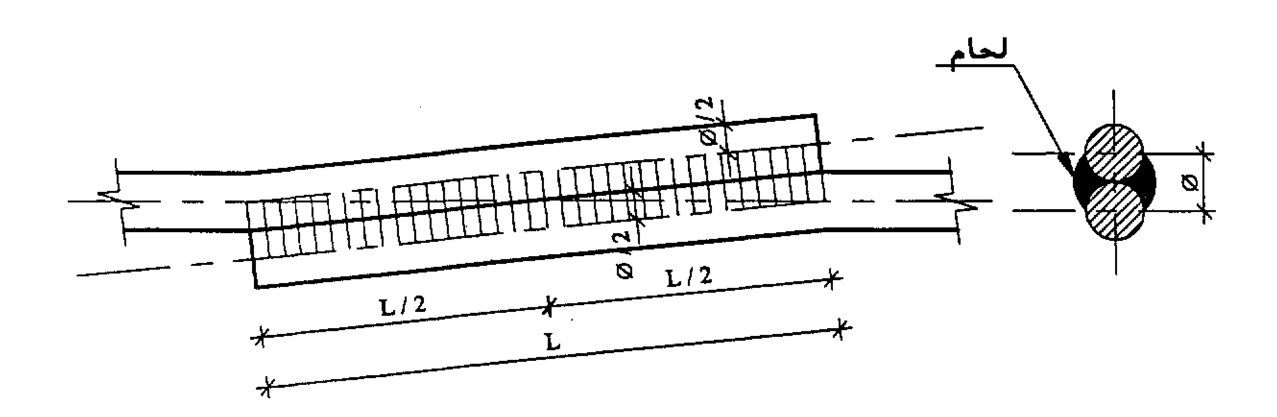
٣ – يجب أن تكون وصلات اللحام تبادلية على ألا يُلحم أكثر من ٢٥% من عدد الأسياخ في القطاع الواحد وباقي الأسياخ على مسافات لا تقل كل منها عن ٢٠ مرة قطر السيخ.

٤ – يُحدد طول اللحام وسمكه طبقا لأقصى قوة شد تتحملها الأسياخ الملحومة.

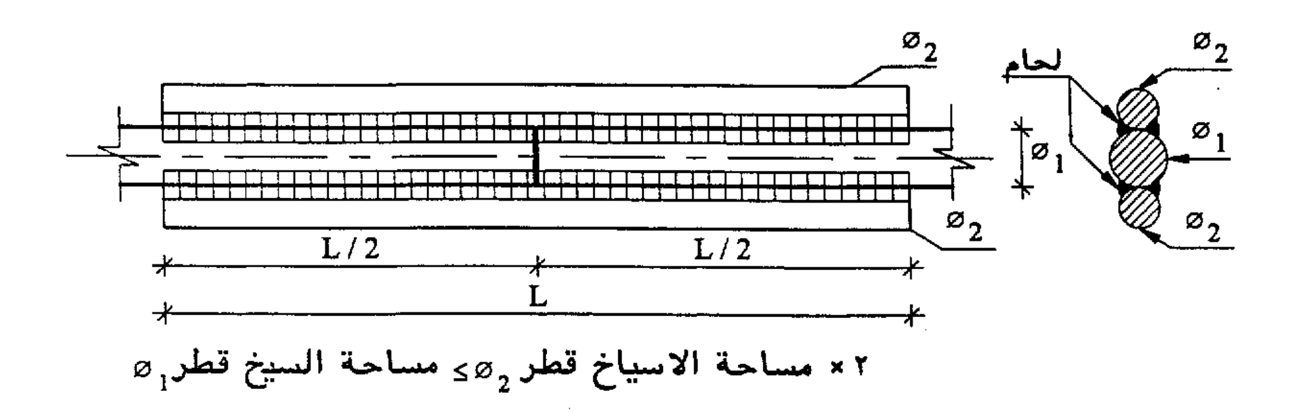
٥– يفضل تجنب عمل وصلات اللحام في منطقة أقصى عزم انحناء.

٦– يجب التأكد أن القائمين بأعمال اللحام معتمدين ومؤهلين للقيام بأعمال اللحام والوصلات بكفاءة.

٧– يلزم عند استعمال الوصلات باللحام عمل الاختبارات الكافية على عينات للتأكد من قدرتها على مقاومة إجهادات التشغيل واستيفاء الشروط المذكورة عاليه.



شكل (٧–١–جـ) تفاصيل وصلات اللحام بالتراكب



شكل (٧–١–د) تفاصيل وصلات اللحام باستخدام أسياخ إضافية

٧-٣-٣ الحد الأدنى والحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ

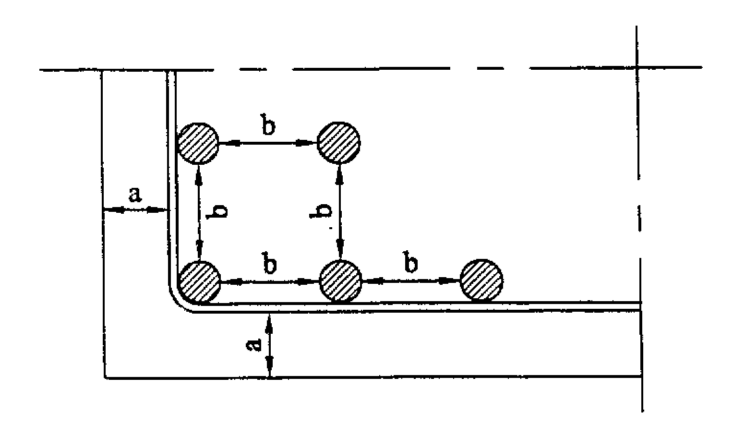
٧-٣-٣-١ الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ

للحصول على خرسانة جيدة ومتماسكة لابد أن تكون المسافات بين أسياخ صلب التسليح كافية لصب ودمك الخرسانة سواء كان الدمك يدوياً أو باستعمال هزازات. ويبين الشكل (٧-٢-أ) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المفردة. كما يبين الشكل (٧-٢-ب) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المجمعة حيث:

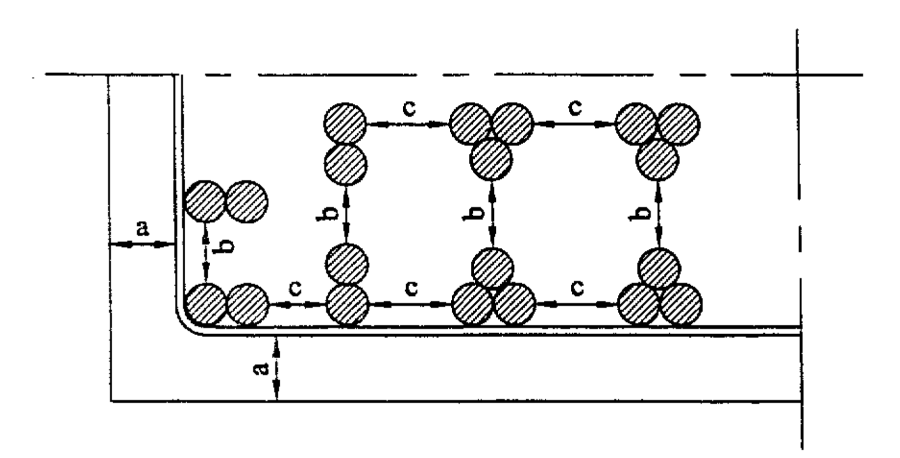
a = الغطاء الخرساني للأسياخ ويرجع فيها للقيم الواردة بالجدول (٤-١٣) في البند (٤-٣-٢-٣-ب) مع مراعاة ما جاء في البند (٩-٧)

b = القطر الأكبر للأسياخ ϕ_{max} أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أيهما أكبر

c = القطر الأكبر للأسياخ ϕ_{max} أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أو (المقاس الأكبر للركام + ١٥ مم) أيها أكبر



شكل (٧-٢-أ) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المفردة



شكل (٧-٢-ب) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المجمعة

٧-٣-٣-٢ الحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ

يُرجع إلى البنود الموضحة أدناه بشأن الحد الأقصى للمسافات بين أسياخ التسليح وهى:

- بند (٦-٢-١-٤) وبند (٦-٢-٧-٨) للبلاطات المصمتة واللاكمرية على التوالى.
- بند (٦-٣-١-١٠) للكمرات.
- بند (٦-٤-٧) للأعمدة.
- بند (٦-٥-٢-٢) للحوائط المسلحة.

٧-٣-٤ الأسياخ المجمعة

٧-٣-٤-١ اعتبارات عامة

في حالة العناصر التي يوجد بها نسبة عالية من صلب التسليح يمكن تجميع الأسياخ في حزم مكونة من سيخين أو ثلاثة أسياخ متلاصقة مع مراعاة الشروط التالية :

أ - لا يُسمح بتجميع الأسياخ في حزم إلا فى حالة الأسياخ ذات النتوءات فقط.

ب - لا يزيد قطر أكبر سيخ مستخدم في الحزمة على ٢٨ مم.

جـ - يمكن استعمال أقطار مختلفة في الحزمة الواحدة بشرط ألا يزيد الفرق فى القطر بين الأسياخ على ٤ مم.

د - تُتخذ الاحتياطات الكافية نحو المحافظة على تلامس الأسياخ مع بعضها البعض أثناء التركيب وصب الخرسانة . ويتم ذلك في العادة باستعمال سلك رباط بقطر مناسب على مسافات لا تزيد على ٢٠ مرة قطر أصغر الأسياخ الموجودة بالحزمة.

٧-٣-٤-٢ وصلات التراكب وأماكن التوقف للأسياخ المجمعة

أ - يُحسب طول التماسك L_d وأطوال وصلات التراكب طبقاً للبنود (٤-٢-٥-١) و(٤-٢-٥-٣) و (٤-٢-٥-٤). ويراعى عند حساب هذه الأطوال عامل التصحيح الخاص بالحزم المجمعة الوارد فى الجدول (٤-٨).

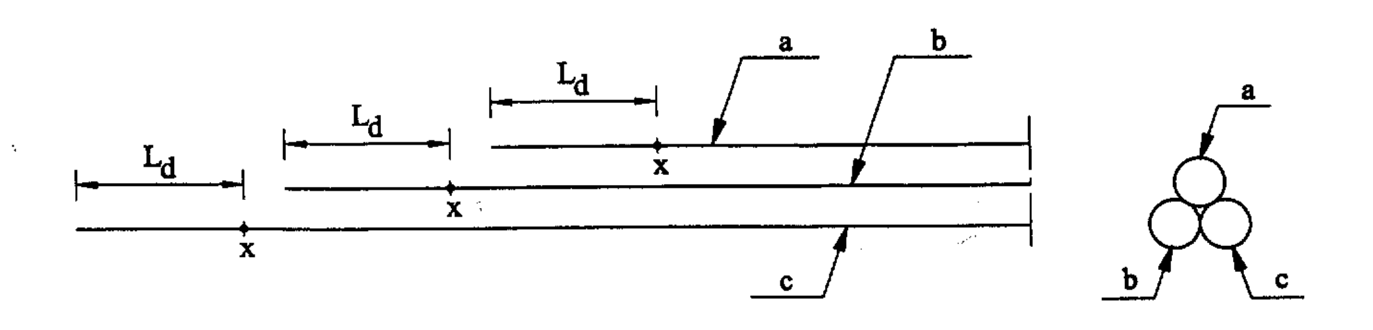
ب - يُسمح بإنهاء جميع أسياخ الحزمة مرة واحدة إذا كان القطر المكافئ للحزمة ϕ_e أقل من أو يساوى ٢٨ مم.

ويتم حساب القطر المكافئ للحزمة ϕ_e كما يلى:

- في حالة الحزمة المكونة من سيخين $\phi_e = 1.5\ \phi$
- في حالة الحزمة المكونة من ثلاثة أسياخ $\phi_e = 1.75\ \phi$

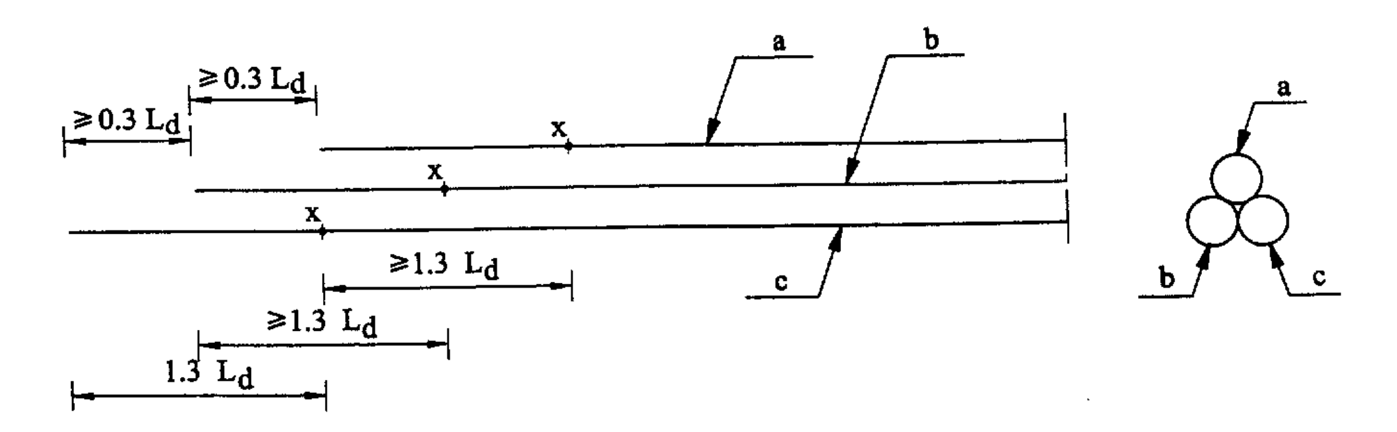
حيث ϕ هى قطر أكبر سيخ موجود بالحزمة.

جـ – في الحالات التي يكون فيها القطر المكافئ للحزمة ϕ_e أكبر من ٢٨ مم يتم إنهاء أسياخ الحزمة كما هو مبين بالشكل (٧-٣-أ) وذلك في حالة عدم تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة ، أو كما هو مبين بالشكل (٧-٣-ب) في حالة تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة والمحددة في الشكل في الحالتين بالحرف x.



شكل (٧-٣-أ) ترتيب إنهاء الأسياخ المجمعة

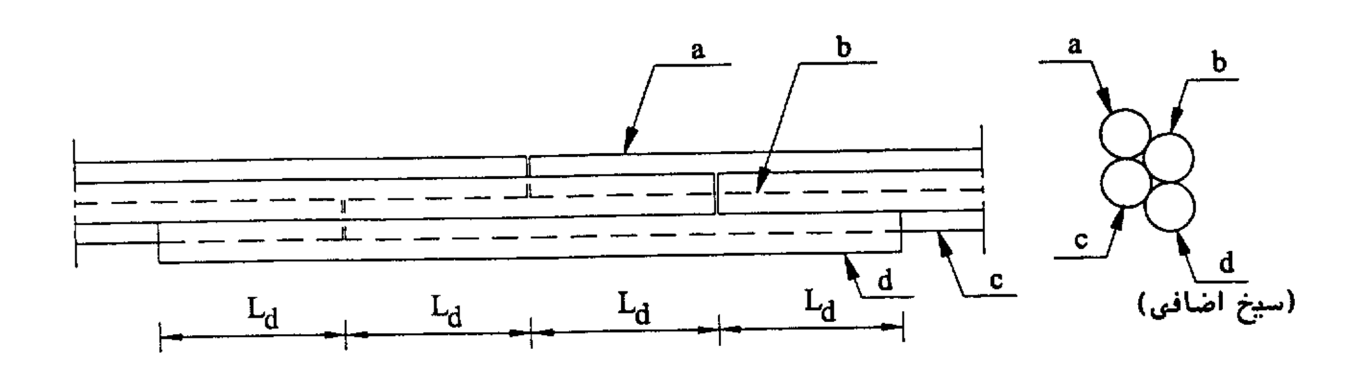
فى حالة عدم تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة



شكل (٧-٣-ب) ترتيب إنهاء الأسياخ المجمعة

فى حالة تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة

د – في حالة وصلات التراكب يكون ترتيب أسياخ الوصلات بالتبادل (Staggered) مع استعمال سيخ إضافي بالوصلة كما هو مبين بالشكل (٧-٣-جـ). وتحدد قيم L_d طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥-٤-٢-ز).



شكل (٧-٣-جـ) ترتيب الأسياخ لوصلات التراكب للأسياخ المجمعة

٧-٤ الفواصل في أعمال الخرسانة

٧-٤-١ فواصل الصب Construction Joints

هي الفواصل التي تستخدم لتجزئة أعمال صب الخرسانة إلى أجزاء تتناسب مع قدرة الموقع على إنتاج وصب الخرسانة ، وتُحدد مواقعها بمعرفة المهندس المصمم أو المقاول ويراعى في اختيارها أن تكون في الأماكن التي يوجد بها أقل إجهادات وخصوصاً إجهادات القص وبما لا يؤثر على قوة تحمل المنشأ. ويراعى اتباع الشروط والاحتياطات الواردة في بند (٩-٥-٦) عند تنفيذ هذه الفواصل .

٧-٤-٢ فواصل الانكماش Shrinkage Joints

تعمل هذه الفواصل لتفادى الشروخ الناجمة عن انكماش الخرسانة في المسطحات الكبيرة مثل أرضيات وحوائط خزانات المياه والبدرومات. ويتم في هذه الحالة صب الخرسانة على أجزاء متباعدة ، أو تترك مجارى بعرض كاف (شريحة انكماش) بين الأجزاء المذكورة ،

ويفضل أن تزود بمفاتيح على جوانب الخرسانة . ويتم صب الأجزاء الباقية أو هذه المجارى بعد جفاف ومعالجة الأجزاء التي تم صبها أولاً مع مراعاة الشروط والاحتياطات الواردة في البند السابق لفواصل الصب.

٧-٤-٣ فواصل الحركة Movement Joints

تعمل هذه الفواصل لاحتواء أي تغيرات حجمية في الخرسانة ناتجة عن اختلاف درجات الحرارة أو انكماش الخرسانة أو الحركة الرأسية الناشئة عن اختلاف قيمة الأحمال في أجزاء المبنى الواحد أو اختلاف نوعية التأسيس.

وتسمح هذه الفواصل لأجزاء المبنى بالحركة ومنع أي تشكلات أو إجهادات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة.

ويجب الاهتمام بتنفيذ هذه الفواصل لكي لا تكون مصدراً لتسرب المياه أو السوائل أثناء الحركة النسبية لأجزاء الفاصل ويتم تحديد أماكن هذه الفواصل بواسطة المهندس المصمم وطبقاً للرسومات والمواصفات التفصيلية الخاصة بها. ويراعى اتباع الشروط والاحتياطات الواردة في بند (٩-٥-٨) عند تنفيذ هذه الفواصل.

٧-٥ نماذج لتسليح بعض العناصر الإنشائية

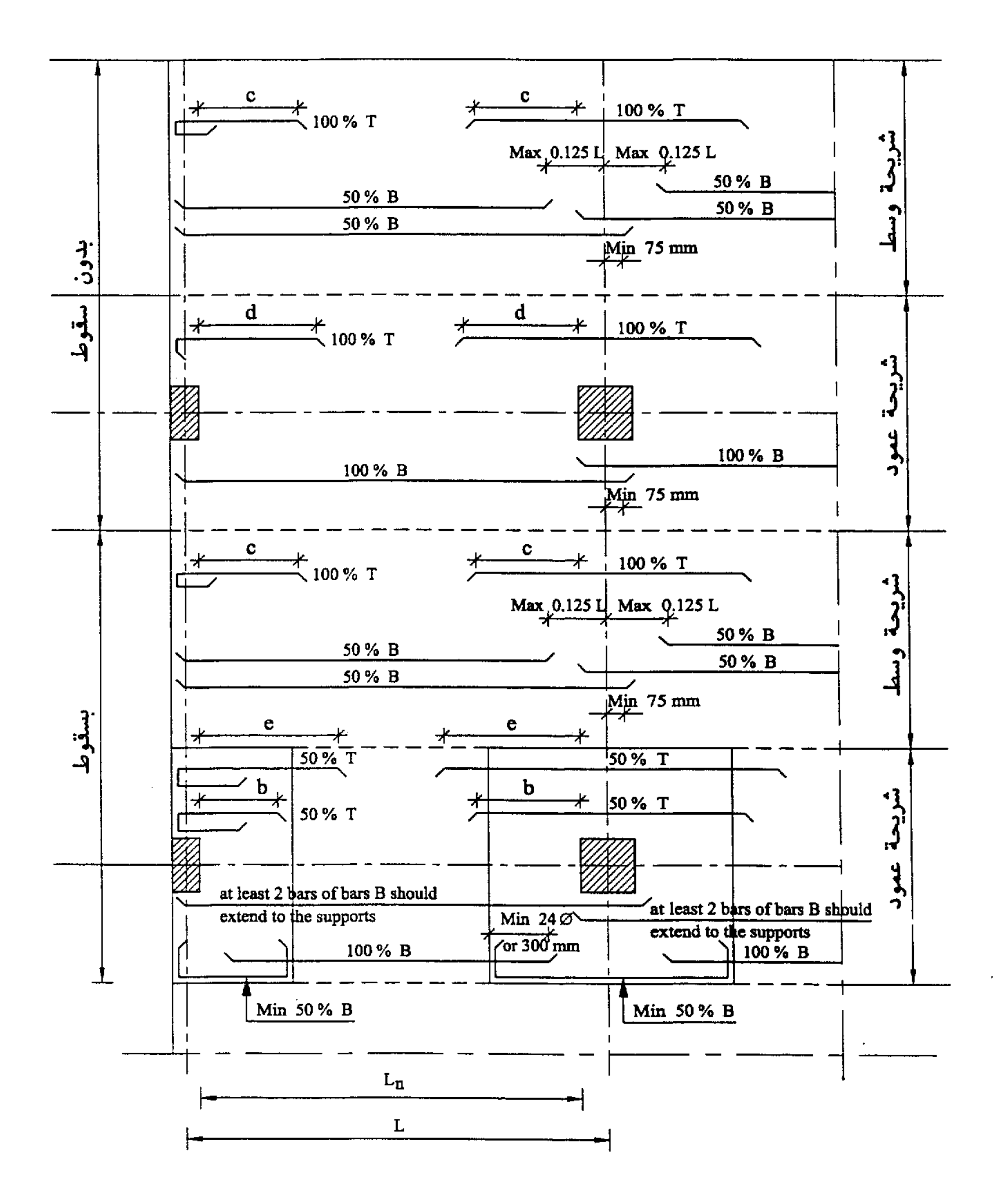
توضح الأشكال المبينة على الصفحات التالية نماذج لتفاصيل بعض العناصر الإنشائية بالمنشآت الخرسانية.

١ - نموذج تسليح بلاطة مسطحة (لاكمرية) شكل (٧-٤)

مع مرعاة ما جاء فى شكل (٦-٢٩) فى حالة البلاطات المسطحة المقاومة لأحمال الزلازل.

٢ - نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر فى الكمرات والبلاطات شكل (٧-٥)

٣ - نماذج لتسليح الأعمدة شكل (٧-٦)



الحدود الدنيا للمسافات			
b	c	d	e
0.20 L_n	0.22 L_n	0.30 L_n	0.33 L_n

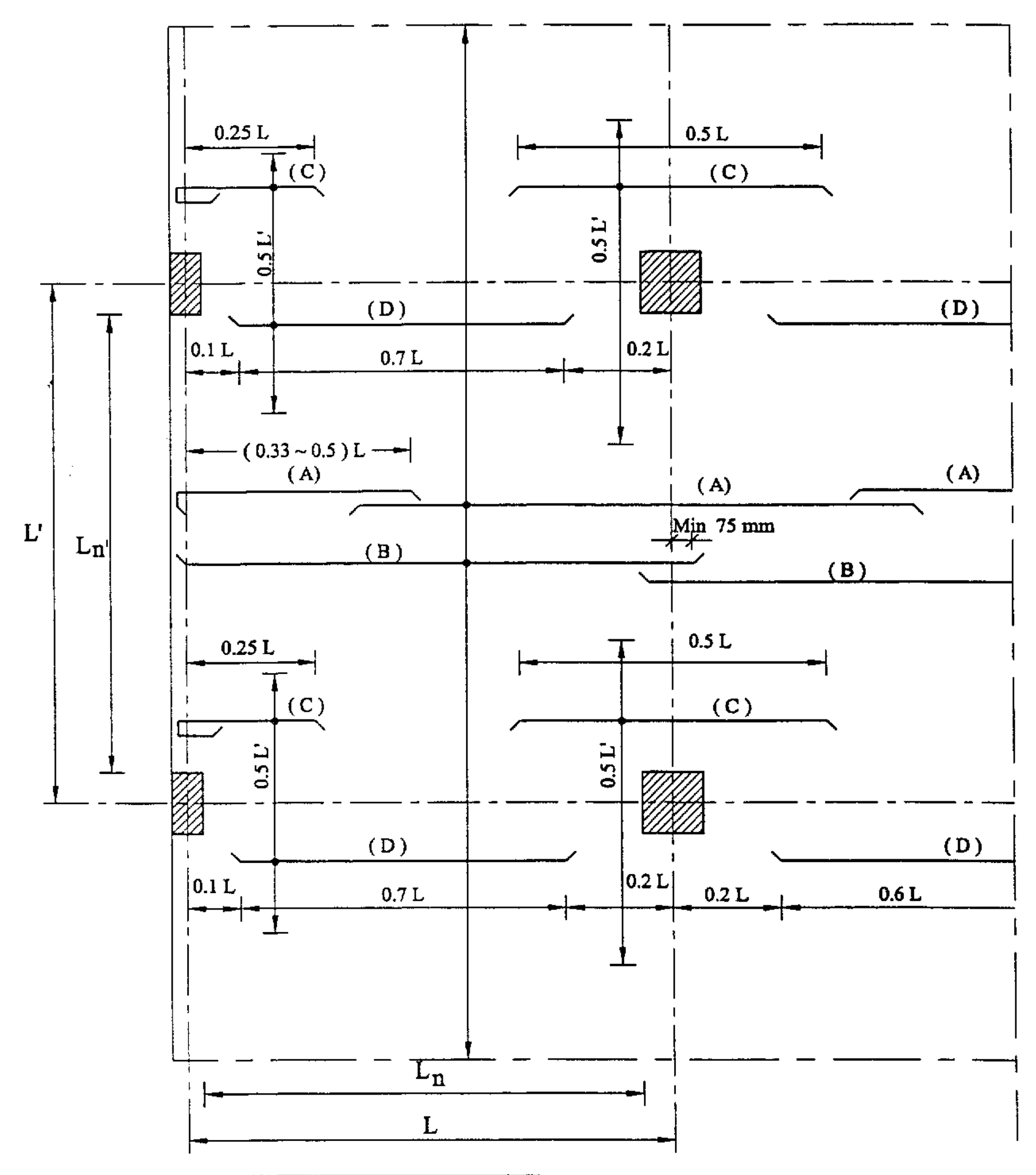
B : تسليح سفلى

T : تسليح علوى

L : المسافة بين محاور الركائز

L_n : البحر الصافى بين أوجه الركائز

شكل (٧-٤-أ) نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية)

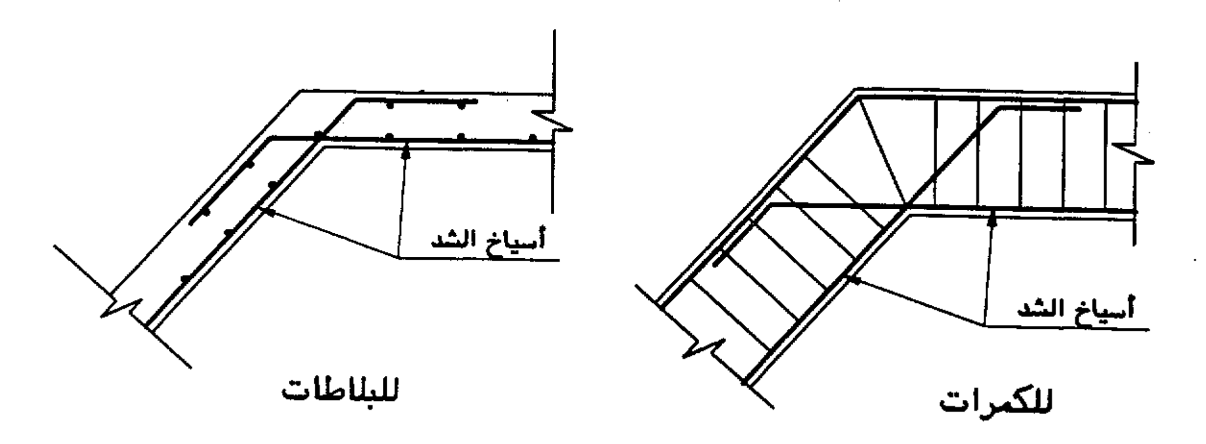


A	شبكة التسليح العلوى
B	شبكة التسليح السفلى
C	تسليح علوى اضافى لشريحة العمود
D	تسليح سفلى اضافى لشريحة العمود

L or L' : المسافة بين محاور الركائز

L_n or L'_n : البحر الصافى بين أوجه الركائز

شكل (٧-٤- ب) نموذج تسليح مرادف لبلاطة مسطحة (لاكمرية) باستخدام شبكة رئيسية وتسليح إضافي



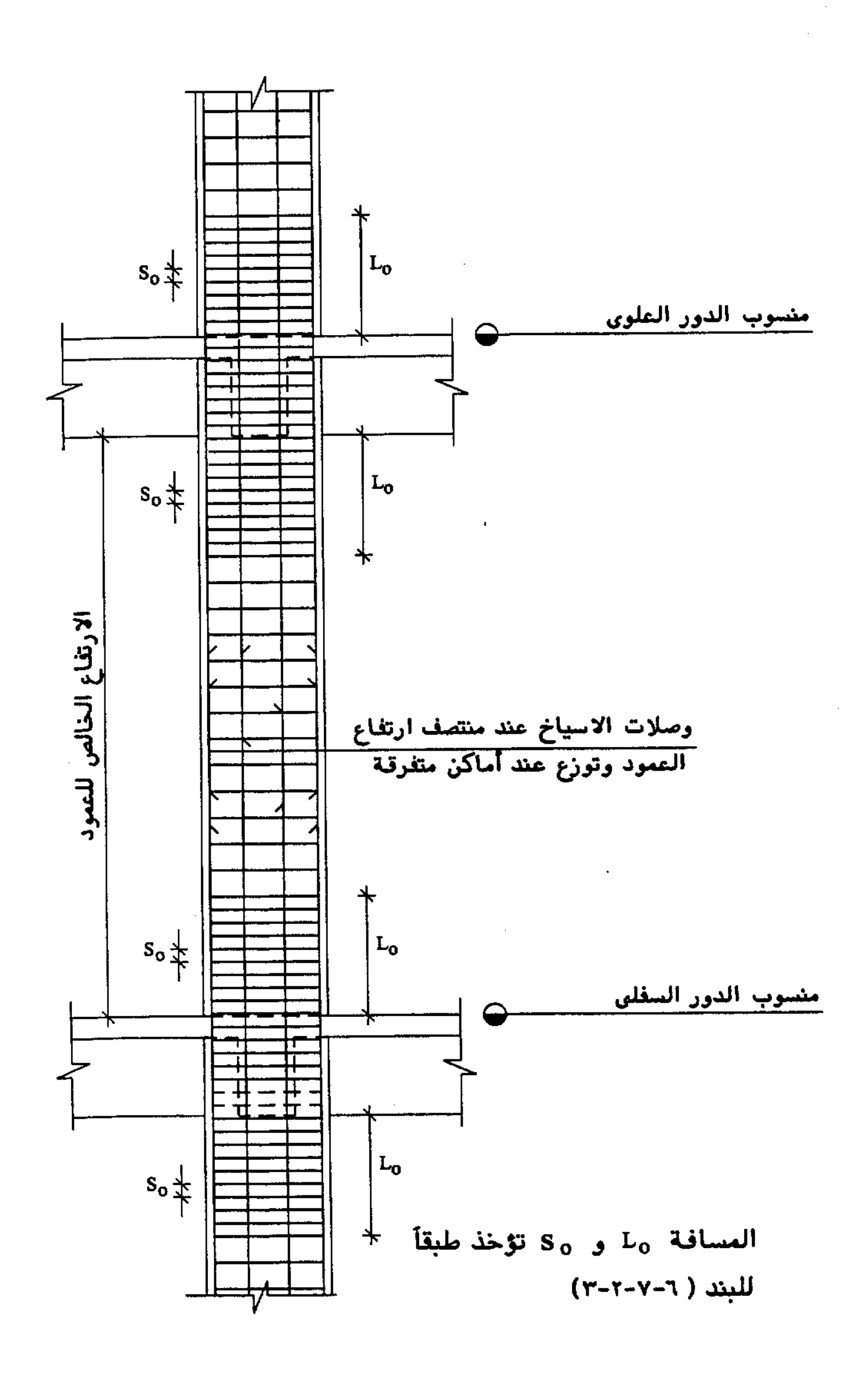
شكل (٧-٥) نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر فى الكمرات والبلاطات

(أ)
أشاير (ب)
لا يزيد الميل على ٦:١
لا تزيد على ١٥٠ مم
لا تزيد على ٢٥٠ مم
لا تزيد على ٣٠٠ مم

● (أ) تسليح العمود

○ (ب) الاشاير

شكل (٧-٦-أ) نماذج لوصلات الأشاير وترتيب الكانات بالأعمدة



شكل (٧-٦-ب) تسليح الأعمدة للمنشآت الخرسانية المعرضة لقوى أفقية كبيرة

الباب الثامن

ضبط وتأكيد الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٨-١ اعتبارات عامة

يختص هذا الباب بمراقبة وضبط وتأكيد الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد من خلال توافر قدر كاف من الإجراءات لضمان جودة المواد، وحُسن استخدامها بالإضافة إلى تحقق وضمان متطلبات أسس التصميم واشتراطات التنفيذ و أصول الصناعة والتنفيذ بما يحقق استيفاء مستوى الأداء الواجب.

ويتحقق ضبط الجودة للمشروع على النحو التالى :

أ - من خلال مراجعة داخلية.

ب - من خلال مراجعة خارجية.

أما بالنسبة لأعمال الخرسانة سابقة الإجهاد يجب اتخاذ الإجراءات الإضافية طبقاً للبند (١٠-٦).

٨-٢ تعريفات

٨-٢-١ تأكيد الجودة Quality Assurance

يُعتبر تأكيد الجودة أداة إدارة، وهى مجموعة التنظيمات والخطط والبرامج اللازمة والضرورية للتأكد من أن المنشأ النهائى سيطابق الوظيفة المستهدفة.

٨-٢-٢ ضبط الجودة Quality Control

يُعتبر ضبط الجودة آلة إنتاج وهى مجموعة الإجراءات التى لها صلة بالخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية المميزة للمواد والأساليب والخدمات التى تقدم كوسيلة للقياس والتحكم مسبقاً للمعايير الكمية للخواص المميزة.

٨-٢-٣ نظام تأكيد الجودة Quality Assurance System

هو نظام تحكم إدارى ينظم التعهدات والسياسات والمسئوليات ومتطلبات المالك التى تسجل بواسطة خطة تأكيد الجودة والمتضمنة خلال برنامج تأكيد الجودة لتقديم وسائل ضبط جودة تؤثر فى الأنشطة والمتطلبات السابق تحديدها.

٨-٢-٤ خطة تأكيد الجودة Quality Assurance Plan

هى خطة مشروع معدة ومحددة بواسطة المالك بالإستعانة باستشارى أو مهندس ضبط جودة، وتحتوى هذه الخطة على سياسات المالك وأهداف الجودة للمشروع مع وصف تفصيلى لأسلوب العمل والعلاقات التنظيمية والتى يراد بها أن يتأكد المالك ببدء مشروعه بخطة نظام يلتزم باتباعها الأطراف المعنية . وتُعتبر خطة تأكيد الجودة وثيقة على أعلى مستوى فى النظم الشامل لتأكيد الجودة.

٨-٢-٥ برنامج تأكيد الجودة Quality Assurance Program

هو مستند يصف السياسات والممارسات وطرق العمل التى تتفق مع متطلبات الجودة ومستندات التعاقد.

٨-٢-٦ ضبط الجودة داخلياً

يُجرى ضبط الجودة داخليا – بصفة مستمرة – للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة ويجب أن يقوم بتنفيذه متخصصون على دراية كافية، وعادة ما يكون المسئول عن تنفيذ بنود ضبط الجودة من الإخصائيين المسئولين عن المشروع. وفى حالة عدم توافر الخبرة الكافية يتم الاستعانة بمتخصصين فى الإشراف على أعمال ضبط الجودة الداخلية.

٨-٢-٧ ضبط الجودة خارجياً

يُجرى ضبط الجودة خارجيا بواسطة أجهزة خارجية لا تربطها صلة (فى أية صورة تعاقدية أو تبعية) بأجهزة ضبط الجودة الداخلية لذات المشروع. ويشمل هذا الشق من ضبط الجودة خارجيا مراجعة التصميم الإنشائي وفحوصاً دورية واختبارات خاصة (عند الضرورة) على المواد، والتفتيش الدورى والمفاجئ على التنفيذ فى جميع مراحل المشروع.

٨-٢-٨ دور الجودة خلال عمر المشروع

تأكيد وضبط الجودة عملية متكاملة تبدأ منذ التفكير فى جدوى المشروع وتستمر بالمشروع الابتدائي ومراحل التصميم والتنفيذ والتسليم ، وكذلك تستمر خلال فترة الاستخدام للمنشأ. ويوضح الجدول (٨-١) ملخصا لمتطلبات تأكيد وضبط الجودة لمراحل عمر المشروع.

جدول (٨-١) متطلبات تأكيد وضبط الجودة خلال مراحل عمر المشروع

م	مراحل المشروع	المتطلبات	ملاحظات
١	فكرة المشروع ودراسات الجدوى Concept & Feasibility Studies	التركيز على الجودة تعريف الجودة المستهدفة To Focus & Define Quality Target	هل المبنى هو أفضل الحلول للوصول لمتطلبات المالك؟ وتحديد متطلبات الأداء للمنشأ Performance Requirements
٢	التصميم Design	توصيف الجودة Specify Quality	الحلول الفنية Technical Solutions
٣	التخطيط للتنفيذ Planning for Construction	عرض وتأكيد الجودة Quality Assurance	تجهيز مستندات العطاء وتضمينها متطلبات تحقيق الجودة المستهدفة
٤	التنفيذ Construction	إنتاج وضبط الجودة Produce & Control Quality	تخطيط الأنشطة للتنفيذ ومتابعتها
٥	التسليم Delivery	التحقق من الجودة Verify Quality	جودة المبنى وجودة توثيق المبنى
٦	الاستعمال Operating & Use	المحافظة على الجودة Keep Quality	الفحص الدورى والصيانة Periodical Inspection & Maintenance

٨-٣ التفتيش الفنى

٨-٣-١ التفتيش

التفتيش هو وضع وتجهيز برنامج للتأكد من أن المواد والمنشأ الخرسانى تحقق المتطلبات المنصوص عليها بمستندات التعاقد كما يجب أن يحتوى برنامج التفتيش على الاشتراطات النوعية لاستيفاء اشتراطات القبول للتغيرات الحقلية.

٨-٣-٢ القائم بالتفتيش

يجب أن يتم التفتيش بواسطة أشخاص مؤهلين بخلاف هؤلاء الذين يقومون بالإشراف المباشر على الأنشطة التى يتم عليها التفتيش. ويجب أن يتم اعتماد مؤهلات كل من المفتش والبرنامج بواسطة المهندس ، كما يجب أن تفى بمتطلبات الجهات الخاصة التى تعطى شهادة بذلك.

٨-٣-٣ التفتيش الفنى لأعمال الخرسانة

يغطى التفتيش الفنى بصفة أساسية البنود التالية :

- المواد المكونة للخرسانة ومصادرها واختبارها.
- موقع العمل وتشويناته ومعداته.
- تصميم الخلطات الخرسانية ونسب مكوناتها والتحكم فيها واعتمادها واختبارها.
- الفرم والشدات بدءاً من منسوب التأسيس حتى إنهاء إنشاء المبنى.
- العوامل الخارجية وظروف التشغيل.
- الجهاز الفنى اللازم لتشغيل الموقع.

٨-٣-٤ المفتش الفنى الخارجى

يتبع المفتش الفني الخارجي أياً من المالك أو المكتب الاستشارى المشرف أو الأجهزة المعتمدة أو إحدى الجهات الحكومية المسئولة عن ضبط الجودة فى صناعة التشييد والبناء. ولا يتبع هذا المفتش الفني الخارجي فى أى صورة من الصور المقاول أو المراقب الداخلى لضبط الجودة، ومن ثم تخضع أتعابه للجهة التى يمثلها ، لذلك يجب أن يُختار المفتشون الفنيون للمراقبة الخارجية ممن يتوافر لهم ما يحقق استقلال آرائهم وحيدتهم بالإضافة لخبراتهم.

٨-٤ معمل اختبار الموقع

يتوقف تواجد وتجهيز معمل الاختبارات والأجهزة المطلوبة للاختبارت المحددة بالتعاقد بمواقع المشروعات على حجم المشروع ودرجة التحكم المطلوبة . ويكون تحديد مستوى معمل الاختبار بمعرفة المهندس الاستشارى ، ويُنص عليه فى مستندات المشروع . ويُسمح بإجراء بعض الاختبارات فى معامل متخصصة أخرى.

٨-٥ مراحل ضبط الجودة

٨-٥-١ مراجعة التصميم الإنشائى

تُعتبر هذه المرحلة أساسية لتحقيق أهداف تأكيد وضبط الجودة ، ويلزم أن تتم مراجعة التصميم الإنشائي بدءاً من الأساسات طبقاً لاشتراطات هذا الكود . ويجب الالتزام بعدم البدء في التنفيذ إلا بعد أن تتم مراجعة التصميم الإنشائي طبقاً لاشتراطات هذا الكود ، والتحقق من تطابقه مع بنود الأعمال الأخرى (معماري ، صحى ، كهرباء...) واعتمادها من الجهة المخولة لها المراجعة وفقاً للتشريعات واللوائح المعمول بها.

٨-٥-٢ التفتيش الفنى على المواد

٨-٥-٢-١ مراحل التفتيش الفنى

أ - التفتيش الابتدائى

يُجرى التفتيش الإبتدائى بغرض تقييم معمل الاختبارات لضبط الجودة الداخلية (كوادر بشرية - إمكانات معملية) طبقاً للمتطلبات التى تحددها مواصفات المشروع والمواصفات القياسية للمواد وكود الخرسانة.

ب - التفتيش الفني الدورى

يُجرى التفتيش الفني الدوري بغرض استيفاء شروط الإنتاج و/ أو التوريد ، وكذلك اشتراطات ضبط الجودة الداخلى أو الخارجى، وعلى هذا لا يبدأ الاختبار الدورى إلا إذا كانت نتيجة التفتيش الابتدائية إيجابية. ويجرى الاختبار الدوري دون إشعار مسبق على فترات تتناسب مع طبيعة المشروع، كما يجري الاختبار الدوري للتفتيش الخارجي على المواد فى الموقع أو فى معمل خارجي متخصص. وفى جميع الأحوال يجب أن تلقى المراجعة أو التعديلات المقترحة استجابة فورية من مراقب الجودة الداخلي.

ج - التفتيش خارج الموقع

فى المشروعات الكبيرة ذات الطابع الخاص يجب أن تتم معاينة مواقع الإنتاج أو مصادر التوريد مع أخذ عينات بين وقت و آخر ويتم اختبارها تحت مظلة التفتيش الفنى. ولا تمنع هذه المعاينة واختباراتها التفتيش الدورى على المواد عند وصولها لموقع الإنشاء. و يجب أن تكون تعاقدات التفتيش خارج الموقع مع الجهة المنتجة أو الجهة الموردة متضمنة ما يُسمى بالتفتيش على المواد عند المنتج كما هو الحال عند ورودها لموقع العمل.

د – الاختبارات الإضافية للتفتيش الفنى

تُجرى الاختبارات الإضافية فى أي من الحالات التالية :

١- عدم مطابقة المادة لحدود المواصفات فى الاختبار الروتيني..

٢- توقف استخدام المادة أو العمل بالموقع لفترة طويلة ما لم يكن هناك نص فى المواصفات يلزم بإعادة إجراء الاختبار.

٣- فى حالة طلب أحد الأطراف المتعاقدة.

ويقوم المفتش الفني بتحديد طبيعة وحدود الاختبارات الإضافية فى كل حالة على حدة حسب الغرض المستهدف.

٨-٥-٢-٢ اعتماد مواد الخرسانة

أ – اعتماد المصادر

يعتمد مندوب المراقبة الخارجي – أو المفتش الفني – المصادر المقترحة للمواد وقدرتها على الوفاء بمتطلبات المشروع. واستنادا إلى هذا الاعتماد يقوم المقاول المسئول بالتعاقد مع الجهات المنتجة أو الموردة. ويكون الاعتماد مزودا بمجموعة من البيانات أهمها شهادات المنتج ونتائج الاختبارات على المواد فى معامل متخصصة وشروط التوريد. ولايعنى اعتماد المصادر – فى أية صورة – إعفاء المقاول من مسئولياته فى حالة توريد المواد بجودة أقل من الجودة التى تم على أساسها اعتماد المصادر باعتباره المسئول الأول عن المواد الموردة من المصادر المعتمدة أو من مصادر أخرى قد يحتاج الأمر لاعتمادها.

ب – القبول على أساس شهادة المنتج

فى بعض الحالات التى تورد فيها المواد من مصادر إنتاج ذات خبرة متميزة فى مزاولة هذه الأعمال يمكن اعتماد المواد على أساس شهادة المنتج ، والتى يجب أن تصحبها جميع البيانات اللازمة لاعتماد القبول مثل نتائج اختبار ضبط الجودة فى موقع الإنتاج، ونتائج الاختبارات فى معامل متخصصة، مع بيانات عن تاريخ وحجم المبيعات وسجل استخدامها.

ولايعنى القبول على أساس شهادة المنتج بأية حال الحد من الاختبارات الدورية أو الاختبارات الإضافية إذا ما رأى المراقب الخارجى أو المفتش الخارجى إجراء أى من هذه الاختبارات فى أى من مراحل العمل.

جـ - رفض المواد

فى حالة عدم مطابقة المادة لمتطلبات المواصفات القياسية (المشار إلى بعضها في الملحق رقم٢) و/ أو مواصفات المشروع يجب عدم استخدامها، كما يجب التخلص منها من مواقع التشوينات أو على الأقل إبعادها تماما عن الرسائل المقبولة. ويجب أن يحصل المفتش الخارجي من مهندس الموقع أو مراقب الجودة على مصادقته على العيب الذي أدى إلى عدم المطابقة. ويمكن فى بعض الحالات- حيثما توافرت أسباب كافية للتشكيك فى نتائج الاختبار- الموافقة على إعادة الاختبار على المواد المرفوضة. وتلزم فى مثل هذه الحالة الإعادة على عينتين منفصلتين مأخوذتين فى نفس الوقت، كما يلزم أن تنجح في إعادة الاختبار كل من العينتين على حدة. ويجب أيضا أن يكون التقرير النهائى للقبول متضمناً النتيجة الأولى التى أشارت إلى عدم النجاح ونتيجة الإعادة.

٨-٥-٢-٣ تجهيز ومناولة العينات

أ - أسس أخذ العينات

يجب أخذ عينات المواد طبقاً للمواصفات القياسية المصرية الخاصة بكل مادة بحيث تكون ممثلة تماماً للتشوينات التى تؤخذ منها العينة.

ب - مصادر أخذ العينات

تؤخذ العينة طبقاً لغرض استخدامها وحسب ظروف الموقع وطبقاً لما يراه المسئول عن العينة من أى من المصادر التالية:

- رسائل المواد عند وصولها للموقع.
- تشوينات المواد بالموقع.
- مخازن الموزعين.
- مخازن المنتج.

ج - مناولة العينات

يجب أن يراعى في مناولة العينات ما يلى:

١- اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة التى تؤمن وصول العينة للمعمل دون حدوث أى تغيير فيها مثل : فقدان جزء منها - تعرضها لظروف جوية غير عادية - تلف الأوعية الحاملة للعينات - فقدان الغطاء - اختلاط بعضها بالبعض الآخر - تسرب المواد السائلة ... الخ.

٢- تتم المناولة بعد أن تكون العينات قد ميزت بوضوح لا يدعو لإثارة أى شك مع توقيع المسئول عن ضبط الجودة أو مهندس الموقع أو من يمثل أى منها وكذلك توقيع المفتش الفنى.

٣- تسجيل العينات فى السجل الخاص بذلك والذى يجب أن يتضمن مايلى:
- المنتج أو موقع الإنشاء.
- مكان أخذ العينة.
- الرصيد المخزون حيثما كان ذلك مناسباً.
- عدد و/أو حجم العينات.
- العلامات المميزة لمصدر المادة (محلية أو مستوردة).
- علامة أو رقم مميز بمعرفة من يقوم بأخذ العينة.
- الخواص المطلوب إجراء اختبارات عليها واسم معمل الاختبار.
- المكان وتاريخ أخذ العينة وتاريخ إجراء الاختبار.
- تاريخ الإنتاج و/أو الصلاحية.
- أى بيانات أخرى يرى من يقوم بأخذ العينة إضافتها.
- توقيعات المسئولين عن كل ما سبق ذكره.

٨-٥-٣ التفتيش الفنى على التنفيذ

يجب أن يحقق التفتيش الفني متطلبات التصميم وذلك على تنفيذ أعمال الخرسانة في مراحلها الثلاثة : قبل الصب وأثناء الصب وبعد الصب.

٨-٥-٣-١ التفتيش الفنى قبل صب الخرسانة

يجب على المشرف على الموقع ألا يُسمح بصب الخرسانة إلا بعد التأكد من استكمال اشتراطات مراحل الإعداد وتشمل مايلي:

- الأعمال المساحية.
- اعتماد المواد ومصادرها.
- التشوينات.
- تصميم الخلطات الخرسانية.
- أعمال الحفر والردم.
- أعمال الأساسات.
- الشدات والفرم.

- التسليح.
- الوصلات.
- الثوابت المدفونة والفتحات.
- التنظيف السابق للصب المباشر.
- أسلوب التحكم المتفق عليه وذلك فى الخلطات ومحطات الخلط طبقاً للمواد المعتمدة.
- تحديد الاختبارات التى يمثلها التفتيش الفنى على المواد.

٨-٥-٣-٢ التفتيش الفنى أثناء صب الخرسانة

يشمل التفتيش الفنى أثناء صب الخرسانة على ما يلى :

- جودة ونسب مكونات الخلطات الخرسانية.
- التحكم فى البنود والظروف غير الشائعة مثل الصب فى الجو الحار، الصب فى الجو البارد، الصب تحت الماء.
- تجانس الخلطات الخرسانية.
- مناولة وصب الخرسانة.
- دمك الخرسانة .
- تشطيب الخرسانة .
- إعداد عينات الاختبار فى المعمل والموقع للخرسانة الطازجة و المتصلدة.
- مراقبة و تسجيل مستمر لظروف التشغيل بالموقع ، ومعداته وكذلك الظروف الجوية والظروف العرضية التى تتسبب فى توقف أو انقطاع العمل.

٨-٥-٣-٣ التفتيش الفنى بعد صب الخرسانة

يشمل التفتيش الفنى بعد صب الخرسانة ما يلى:

- معالجة الخرسانة وعمل الحماية اللازمة.
- فك الشدات والفرم فى المواعيد المحددة .
- الفحص البصرى للخرسانة بعد فك الشدات والفرم واعتماد جهة الإشراف.

٨-٦ المراقبة وضبط الجودة لمواد الخرسانة

٨-٦-١ المراقبة وضبط الجودة للأسمنت

لا يجوز لمهندس الموقع أن يسمح بتشوين الأسمنت إلا بعد التأكد من مطابقة رسائل الأسمنت لمتطلبات مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية، ويكون للمهندس الحق

فى أن يجرى اختبارات على عينة مماثلة فى معمل الموقع أو معمل متخصص(على أن تجرى الاختبارات طبقاً للمواصفات القياسية المناظرة لنوع الأسمنت). ويجب أن يتم تخزين الأسمنت طبقاً للبند (٩-٢-١)، مع مراعاة أن يخطط للتخزين بحيث تخرج الرسائل للاستخدام طبقاً لأولوية تخزينها ، ولا يُسمح باستخدام الشكاير الممزقة أو المفتوحة أو الأسمنت المتصلد مع مراعاة ما جاء فى البند (٢-٢-١).

٨-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة للركام

٨-٦-٢-١ التفتيش على الركام

يجب التفتيش واختبار العينات قبل البدء فى تشوينات الركام. ولا يجوز اعتماد عينات الركام إلا بعد التأكد من مطابقتها للمتطلبات الواردة فى مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية (نوعاً وجودة). ويمكن فى المشروعات الكبيرة اعتبار زيارة مصدر الركام والتأكد من صلاحيته جزءاً من التفتيش.

ولا يُسمح خلال العمل بتفريغ رسالة ركام او استخدامها إلا بعد التأكد - بالفحص البصري و إجراء بعض الاختبارات بمعمل الموقع - من مطابقة الرسالة لعينات الركام المعتمدة.

وفى حالة وجود شك باختلاف يمكن قبوله بين الرسالة والعينة المعتمدة يجب تسجيل ذلك ورفعه للمهندس المسئول عن خلطة الخرسانة لإجراء التعديلات اللازمة فى محتويات مكونات الخلطة إذا احتاج الأمر.

٨-٦-٢-٢ تحضير عينات الركام للاختبار

للحصول على عينة ممثلة يجب ألا يقل الوزن الكلى لعينة اختبار الركام عن:

١٥ كيلو جرام للركام الصغير.

٢٥ كيلو جرام للركام الكبير بمقاس اعتباري أكبر يساوي أو أقل من ٢٠ مم.

٥٠ كيلو جرام للركام الكبير بمقاس اعتباري أكبر أقل من أو يساوى ٤٠مم وأكبر من ٢٠ مم.

وفى حالة تحضير عينات لاختبار الخلطات التجريبية يزاد وزن العينة عن الأوزان المذكورة أعلاه طبقاً لمتطلبات الاختبار. وفى جميع الحالات تجمع العينة من أجزاء مأخوذة بجاروف مناسب من عشرة أماكن على الأقل على ارتفاعات مختلفة من كومة الركام مع تفادى

أسفلها الذى قد يحدث عنده انفصال حُبيبــىٰ. و تُخلط العينة ثم تُختزل بطريقة التقسيم الربعى أو صندوق الفصل وذلك حتى يتم الحصول على وزن عينة الاختبار المطلوب.

٨-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة للماء المستخدم فى صناعة الخرسانة

يجب إجراء الاختبارات على الماء المستخدم فى صناعة الخرسانة لتحديد صلاحيته كمـــا ورد فى البند (٢-٢-٣)، وفى حالة استخدام مياه مخالفة لمياه الشرب بالإضافة إلى ما ورد فـــى البند (٢-٢-٣) يجرى اختبار زمن الشك الإبتدائي وزمن الشك النهائي، وكذلك اختبار مقاومـــة الضغط على عينات خرسانية. ويراعى أن يجرى كل اختبار مرتين (فى نفس الوقـــت وبنفـــس الأسمنت المعتمد للمشروع وتحت نفس الظروف) باستعمال الماء المزمـــع اســـتخدامه والمـــاء الصالح للشرب المطابق لحدود المواصفات كما ورد فى بند (٢-٢-٣).

٨-٦-٤ المراقبة وضبط الجودة للإضافات

يجب أن تُطابق خواص الإضافات الحدود الواردة بالمواصفـــات القياســـية المصريـــة أو المواصفات المتفق عليها ، ويتبع استخدام الإضافات - إلي حد كبير- النشرات الصادرة عـــن الجهات المنتجة. وبالإضافة إلي ضرورة مطابقة الإضافات لحدود المواصفة القياسية، فإنه يجب التأكد من نسب مكونات الخلطة من خلال إجراء الاختبارات على خلطات تأكيدية للتحقق مـــن فاعلية الإضافات على الخرسانة فى حالتيها الطازجة و المتصلدة. ويجب مراعاة ما ورد فى بند (٢-٢-٤) ومطابقتها للمواصفات القياسية المصرية م.ق.م. ١٨٩٩ / ١٩٩٠.

٨-٦-٥ المراقبة وضبط الجودة لمواد معالجة الخرسانة

يجب معالجة الخرسانة بالماء الذي سبق توصيفه فى البند (٨-٦-٣) كما يمكـــن معالجـة الخرسانة باستخدام مواد إحكام غلق السطح، وفى هذه الحالة يعتبر استخدامها عاملاً أساســـياً من عوامل التحكم فى ضبط الجودة لإبقاء ماء الخلط بداخل الخرسانة دون تسرب الرطوبة مـــن السطح. ويجب قبل السماح باستخدام هذه المواد إجراء اختبارات على هذه المواد للتـــأكد مـــن مطابقتها للحدود الواردة بالمواصفات.

٨-٦-٦ المراقبة وضبط الجودة لأسياخ صلب التسليح

يُفضل التأكد من جودة أسياخ صلب التسليح وصلب الشبك ومطابقتها للمواصفات القياسية المصرية في المصنع، ويجب أن تُورد للموقع أسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك مبيناً عليـــها العلامات المميزة على السيخ نفسه أو صلب الشبك ، كما يجب أن تكـــون مصحوبـــة ببطاقـــة البيانات عن الرسالة الصادرة إما من المصنع أو من مخازن التوزيع أو من الجـــهات القائمـــة

بالإشراف على الاختبارات. بالنسبة لصلب التسليح للخرسانة سابقة الإجهاد يرجع للبند (١٠-٦-٣).

كما يجب على المفتش الفني الداخلى بالموقع أن يفحص رسائل أسياخ صلب التسليح الواردة أو صلب الشبك ، وأن يسجل ما قد يراه من صدأ أو زيوت أو شحومات أو أضرار تكون قد حدثت لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك فى مرحلتى التحميل والتفريغ ، واتخاذ الإجراءات اللازمة قبل الاستخدام... الخ. تؤخذ عينات اختبار من أسياخ صلب التسليح الموردة بالموقع بالمعدل المبين بالجدول (٨-٢-أ) و يتم سحب هذه العينات وإجراء الاختبارات طبقا للمواصفات القياسية المصرية م.ق.م.١٩٩٩/٢٦٢ و م.ق.م.١٩٦٩/٧٦ و م.ق.م. ١٩٩٠/١٦١٨ وتعديلاتها.

ويجب على المفتش الفني الداخلي أن يأخذ فى اعتباره أن ضبط الجودة لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك لا يعتمد فقط على مطابقة الأسياخ أو صلب الشبك لحدود المواصفات القياسية المصرية، وإنما يعتمد أيضاً على الاحتياطات الواجب اتخاذها فى التعامل مع أسياخ صلب التسليح فى مراحل : التشوين- التنظيف - التقطيع - التشكيل - التمييز - التجميع- تشكيل الهياكل - اللحام إن وجد.

ويجب أن يخطط لإنجاز هذه المراحل بعناية مع تنفيذ الاشتراطات الواردة فى التفاصيل والرسومات التنفيذية أو مرفقاتها المبينة في بند (٩-٦).

٨-٧ المراقبة وضبط الجودة للخرسانة

٨-٧-١ الاختبارات الأولية على الخرسانة

قبل البدء فى تنفيذ أعمال الخرسانة وسواء كانت الخرسانة مخلوطة فى الموقع أو جاهزة، فإنه يجب إجراء الاختبارات الأولية عليها فى حالتيها الطازجة و المتصلدة بحيث لا يُسمح بالبدء فى إنتاج الخرسانة إلا بعد التأكد من استيفائها لمتطلبات الخلطة بند (٢-٥-٥-٣) . وفى حالة عدم تحقيق المتطلبات يخطر القائم على تصميم الخلطة بنتائج الاختبارات لكى يدخل التعديلات اللازمة على مكونات الخلطة، وتتكرر هذه الدورة بحيث تكون الخلطة التأكيدية فى صورتها النهائية محققة للمتطلبات فى الحالتين الطازجة و المتصلدة.

٨-٧-٢ الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ

يجب التأكد من استيفاء الخرسانة لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع، وعلى المفتش الداخلى بالموقع التفتيش على كل خلطة قبل صبها بإجراء الاختبارات على عينات الخرسانة الطازجة وإعداد عينات اختبار الخرسانة المتصلدة طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أوللحدود الدنيا المبينة بالجداول (٨-٢-أ،ب،جـ) أو كلما تطلب الأمر أيهما أكثر.

يوضح الجدول (٨-٢-أ) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة والخرسانة المسلحة ويشمل هذا الجدول المواد المستخدمة فى الخلطة الخرسانية والحد الأدنى للاختبارات المطلوبة لكل مادة والمواصفات القياسية لطريقة الاختبار المطلوب إجرائها على مواد الخرسانة.

يوضح الجدول (٨-٢-ب) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المخلوطة بالموقع طبقاً لخطة الاختبارات الموضحة بهذا الجدول التى تشمل نوع الاختبار والمواصفات القياسية التى يتم إجراء الاختبارات طبقاً لها ، وكذلك تكرار هذه الاختبارات كحد أدنى وكحدود للقبول أو الرفض.

يوضح الجدول (٨-٢-جـ) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة جاهزة الخلط الموردة للموقع من محطة خلط هذه الخرسانة والتى تخضع للرقابة والتحكم من الجهة الموردة لهذه الخرسانة ومطابقتها للمواصفات المطلوبة وحدود القبول أو الرفض الموضحة بهذا الجدول.

وتعتبر الاختبارات جزء من التفتيش الفنى الوارد ببند (٨-٥-٣-٢)، كما تعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة (Characteristic strength -f_{cu}) أثناء التنفيذ إذا تحقق مايلى:

- إذا كان عدد مكعبات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة أقل من ٢٠ مكعب ، فلا تقل أية نتيجة اختبار عن رتبة الخرسانة المطلوبة.
- إذا كان عدد مكعبات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة أكثر من ٢٠ مكعب ، فلا تزيد عدد نتائج اختبارات المكعبات التى تقل عن رتبة الخرسانة المطلوبة على نتيجة واحدة لكل عشرين نتيجة.
- لا يزيد الفرق بين أكبر نتيجة وأصغر نتيجة على ٢٥ % من متوسط جميع النتائج. وإذا زاد الفرق بين أكبر نتيجة وأصغر نتيجة على ٢٥ % من متوسط جميع النتائج، فإنه يجب الرجوع للمهندس الاستشارى لاتخاذ ما يراه مناسبا.

جدول (٨-٢-أ) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة والخرسانة المسلحة

المادة	الاختبار	المواصفة القياسية للاختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)
الأسمنت	**الخصائص الفيزيائية والميكانيكية** - زمن الشك - النعومة - ثبات الحجم - مقاومة الضغط لمكعبات المونة	م.ق.م. ٢٤٢١/١٩٩٣-٢٠٠٠ الأجزاء من (١) إلى (٥)	- عند بداية التوريد و كلما تغير المصدر وكل شهر من المخزون وكلما استدعى الأمر
	الخصائص الكيميائية - الفاقد بالحريق - المواد المتبقية غير قابلة للذوبان - ثالث أكسيد الكبريت - معامل تشبع الجير	م.ق.م. ٤٧٤ /١٩٩٤	- عند عدم مطابقة الأسمنت للخواص الفيزيائية والميكانيكية
الركام	- مقاومة الركام للبرى أو التهشيم أو الصدم - النشاط القلوى والثبات الحجمى للركام - الفحص البصرى للركام - التدرج الحبيبى - معاملى العصوية والتفلطح - الطين والطفلة والمواد الناعمة - المواد العضوية بالنسبة للركام الصغير - محتوى الكبريتات على هيئة SO_3 - محتوى الكلوريدات على هيئة Cl^-	م.ق.م. ١١٠٩/١٩٧١	- عند اعتماد المصدر ، عند بداية التوريد وعند تغير المصدر - إذا استدعى الأمر - عند اعتماد المصدر وكل شحنة - عند اعتماد المصدر وكل شحنة - عند اعتماد المصدر وإذا تغير المصدر - كل ١٠٠ م^3 توريد - كل ١٠٠ م^3 توريد - عند اعتماد المصدر، عند بداية التوريد وكل ٥٠٠ م^3 ركام - عند اعتماد المصدر، عند بداية التوريد وكل ١٠٠ م^3 ركام
ماء الخلط	- الطين والطمى والمواد العالقة - الكلوريدات على هيئة Cl^- - الكبريتات على هيئة SO_3 - الأملاح الكلية الذائبة	تُستخدم مواصفة ماء الشرب لحين صدور مواصفة ماء الخرسانة	- عند البدء فى الاستخدام لأول مرة وعند تغيير المصدر
الإضافات	- متطلبات الأداء - متطلبات التجانس	م.ق.م. ١٨٩٩/١٩٩٠ م.ق.م. ١٨٩٩/١٩٩٠	- قبل التعاقد والتوريد - كل شحنة
صلب التسليح وصلب الشبك	- المقاسات - الشد - الثنى على البارد - اختبارات خاصة	م.ق.م. ٢٦٢/١٩٩٩ م.ق.م. ١٦١٨/١٩٩٠	- عينتان كل ٥٠ طن

جدول (٨-٢-ب) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المخلوطة بالموقع

المادة	الاختبار	المواصفة القياسية للإختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)	حدود القبول أوالرفض
الخرسانة الطازجة	الخلطة التأكيدية	تصميم الخلطة	قبل التنفيذ مباشرة	التحقق من صلاحية تصميم الخلطة
	عينة الاختبار	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الأول	عند اختلاف رتبة الخرسانة والعناصر الإنشائية بالموقع وعند أخذ عينات تحديد المقاومة	
	تعيين الهبوط	م.ق.م.١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثانى	عند أخذ عينات المقاومة	الهبوط المطلوب < ٥٠مم : الحيود ١٠ مم الهبوط المطلوب٥٠-١٠٠مم : الحيود ٢٠ مم الهبوط المطلوب >١٠٠مم : الحيود ٣٠ مم
	درجة الحرارة			لاتزيد على ٣٥ ^{o} م
	صب عينات المقاومة	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الرابع والخامس والسابع	٦مكعبات لكل ١٠٠ م٣ أو أقل أو كل يوم صب	
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه فى مواصفة المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع
الخرسانة المتصلدة	مقاومة الضغط	م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨	- عند اختلاف رتبة الخرسانة - عند اختلاف العناصر الإنشائية (أساسات -حوائط- أعمدة - كمرات - بلاطات) - ٦مكعبات لكل ١٠٠ م^{3} أو أقل أو كل يوم صب	المتوسط يزيد علي المقاومة المميزة المطلوبة ولا يزيد عدد المكعبات الأقل من المقاومة المطلوبة على ٥%
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه فى مواصفة المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع

جدول (٨-٢-جـ) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة جاهزة الخلط

المادة	الاختبار	المواصفة القياسية للاختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)	حدود القبول أو الرفض
الخرسانة الطازجة	الخلطة التأكيدية	تصميم الخلطة	قبل التوريد للموقع	التحقق من صلاحية الخلطة
	عينة الاختبار	من منتصف السيارة الخلاصة أو بعد تفريغ حوالى ١٥ % من الحمولة	عند اختلاف رتبة الخرسانة والعناصر الإنشائية بالموقع وعند أخذ عينات تحديد المقاومة	
	تعيين الهبوط	م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثانى	عند أخذ عينات المقاومة	الهبوط المطلوب < ٥٠مم : الحيود ١٠مم الهبوط المطلوب ٦٠-١٠٠مم : الحيود ٣٠مم الهبوط المطلوب > ١٠٠مم : الحيود ٣٠ مم
	درجة الحرارة		أخذ عينات المقاومة	لا تزيد على ٣٥°م
	صب عينات المقاومة	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الرابع والخامس والسابع	٣ مكعبات للكمية من ١ إلى ٢٠م^3 ٦ مكعبات حتى الكمية ٥٠م^3 وما يزيد على ٥٠م^3 ٣ مكعبات لكل ٥٠م^3 زيادة	
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقاً لما هو منصوص عليه فى مواصفة المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفات المشروع
الخرسانة المتصلدة	مقاومة الضغط	م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨	- عند اختلاف رتبة الخرسانة - عند اختلاف العناصر الإنشائية (أساسات – أعمدة – كمرات – بلاطات) ٣ مكعبات للكمية من ١ إلى ٢٠م^3 ٦ مكعبات حتى الكمية ٥٠م٣ وما يزد على ٥٠م^3 ٣ مكعبات لكل ٥٠م^3 زيادة	التحقق من مقاومة ضغط العينات المتوسط يزيد على المقاومة المطلوبة المميزة ولا يزد عدد المكعبات الأقل من المقاومة المطلوبة على ٥%
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقاً لما هو منصوص عليه فى مواصفات المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفات المشروع

٨-٧-٣ أسس الاختبارات

تؤخذ عينة الخرسانة الطازجة من الخلطة بمجرد وصولها (وتكون العينة مجمعــة مــن أجزاء مأخوذة أثناء التفريغ) و تجرى عليها الاختبارات الواردة بمتطلبات الخرسانة الطازجــة فى مواصفات المشروع. وفى حالة توافر إمكانات إجراء اختبار غير الوارد فـــى مواصفــات المشـــروع فيجرى الاختبار المتوافر مع ضرورة مراعاة العلاقة المكافئة بين الخواص.

وتُعد عينات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة طبقا للمواصفات القياسية المصرية رقم ١٩٩١/١٦٥٨ وذلك بمجرد اختبار الخرسانة الطازجة والتأكد من اســتيفائها للمتطلبــات الواردة بمواصفات المشـــــروع.

وفى حالة توافر قوالب بمقاسات أو أشكال غير الواردة بهذه المواصفات فيمكن اســتعمال هذه القوالب مع مراعاة تصحيح النتائج النهائية بدلالة الخواص المميزة على العينــات القياســية باستخدام عامل التصحيح المناسب المبين في بند (٢-٣-٢).

وفى جميع الأحوال يجب أن يتم إعداد العينات باتباع الخطوات والاحتياطات الواردة فــى المواصفات القياسية المصرية (م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨- الجزئين الرابع والخامس) وذلك فـــى جميع المراحل: ملء القوالب – عدد طبقات الملء – هز ودمك الخرسانة – تسوية الخرسـانة – حفظ القوالب فى مراحل التصلد الأولى – معالجة الخرسانة –نقل القوالب لمعمل الاختبار.

٨-٧-٤مراقبة الخرسانة بعد الصب

يجب على المفتش الداخلى أن يتابع معالجة الخرسانة بعد صبها ولحين إزالة الفـرم ، وإذا تطلب الأمر التأكد من وصول الخرسانة للمقاومة المطلوبة فإنه لا يسمح بإزالة الفـــرم إلا بعــد التحقق من المقاومة، وعليه أن يتابع فك الشدات بحيث تتم إزالتها تدريجيا مع مراعاة ما جـــاء بالبند (٩-٤-٢).

٨-٧-٥ الاختبارات غير المتلفة

فى الحالات التى لا تفى فيها نتائج اختبار الضغط بمتطلبات المقاومة ، أو فى حالة الشــك فى مقاومة الخرسانة فى عنصر لا توجد لخرسانته نتـــائج اختبـــارات فإنـــه يمكـــن اســـتخدام الاختبارات غير المتلفة مثل مطرقة الارتداد أو جهاز الموجات فوق الصوتية أو أى جهاز آخـر للاختبارات غير المتلفة وذلك للاسترشاد. ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار جميع الاحتياطات الواردة فى مواصفات الأجهزة المستخدمة ومعايرتها بالإضافة لمواصفات إجراء هذه الاختبارات.

٨-٧-٦ اختبار القلب الخرسانى

فى الحالات التى لا تفى فيها نتائج اختبارات مكعبات الضغط أو حالة الشك بمقاومة الخرسانة فى عنصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبار، يمكن أن تؤخذ منه قلوب خرسانية، ويتم أخذها وإعدادها واختبارها وحساباتها طبقا للمواصفات القياسية المصرية رقم (١٦٥٨/ ١٩٩٥). وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة لثلاثة قلوب لا يقل عن ٧٥ % من المقاومة المطلوبة وبشرط ألا تقل هذه المقاومة المحسوبة لأية عينة قلب عن ٦٥ % من المقاومة المطلوبة.

٨-٧-٧ اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

يجرى هذا الاختبار للكمرات والبلاطات والأسقف فى المنشآت الخرسانية المسلحة وتجرى كذلك اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا طلب ذلك فى مواصفات المشروع أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك فى كفاءة المنشأ من حيث متانته. ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من صب الخرسانة . وفى هذه الاختبارات يتم أخذ القراءات الأساسية لسهم الانحناء قبل إجراء التحميل مباشرة ، ثم يعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل يكافئ " ٠,٨٥ [١,٤ (الأحمال الدائمة) + ١,٦ (الأحمال الحية)]". وذلك على أربعة مراحل متساوية تقريبا مع مراعاة عدم حدوث أى صدمات أثناء التحميل.

وتشمل الأحمال الدائمة وزن العنصر المختبر وأى أحمال دائمة أخرى مثل الأرضيات والقواطيع. ويراعى تقليل الحمل المكافئ بمقدار الأحمال الدائمة الموجودة فعلا وقت إجراء الاختبار.

ويجب وضع قوائم متينة وبعدد كاف قبل البدء فى الاختبار وذلك لتتحمل الحمل بأكمله، ويراعى وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث سهم الانحناء المتوقع.

ويجرى تحميل العنصر الإنشائى المطلوب اختباره والعناصر المجاورة له بحيث نحصل على أحرج وضع لتحميل هذا العنصر ، ويجب أن تكون هناك فواصل بين صفوف المواد المستخدمة فى التحميل حتى لا ينتج عن ذلك ما يسمى بالتأثير العقدى.

وتؤخذ قراءات سهم الانحناء وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من وضع الأحمال النهائية، ثم يرفع الحمل ويتم أخذ قراءة سهم الانحناء وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار.

ويُعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا ما تحقق ما يلي :

أ - إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء δ_{max} فى العنصر المختبر أقل من أو تساوى ما يلى:

$$\delta_{max} \leq \frac{L_t^2}{20000 \ t} \quad mm \qquad (8\text{-}1)$$

حيث:

L_t = بحر العنصر المختبر مقاساً بالمليمتر ويكون البحر الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية او البلاطات ذات الاتجاهين , أما فى حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولى

t = سمك العنصر مقاساً بالمليمتر

ب- فى حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى للعنصر على ما هو وارد بالمعادلة (٨-١)، فيجب ألا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٧٥ % من قيمة سهم الانحناء الأقصى ، وأن يكون عرض الشروخ فى حدود المسموح به.

جـ - وفى خلال ٢٤ ساعة من رفع الحمل المكافىء للحمل الحى إذا لم يسترجع ٧٥ % على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذى سجل بعد التحميل فى مدة الأربع والعشرين ساعة فيجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة.

ويُعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يختف - على الأقل - ٧٥ % من سهم الانحناء الذى ظهر أثناء الاختبار الثانى أو إذا كان عرض الشروخ أكبر من المسموح به ، ولا يجوز إعادة تجربة التحميل إلا بعد مرور ٧٢ ساعة على رفع وإزالة أحمال التجربة الأولى. كما يجوز إجراء التجربة على العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد.

وإذا ظهر على جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير منتظر أو خطأ فى طريقة الإنشاء وجب على المصمم إتباع الحلول التالية:

- وضع ركائز إضافية إن أمكن.
- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الحية ،وتحسين توزيع الأحمال ، وتعديل ترتيب الأحمال المركزة.

- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة.
- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد.

ويُعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلا إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية.

ولا يجوز إجراء تجربة التحميل للعناصر غير المعرضة لعزوم انحناء بصفة أساسية، ويتم تقييم الأمان الإنشائى لها عن طريق التحليل الإنشائى.

الباب التاسع

التنفيـــذ

يختص هذا الباب بكيفية تنفيذ المنشآت الخرسانية شاملة إنتاج خرسانة جيدة تحقق المتطلبات التصميمية للمشروع، مع الأخذ فى الاعتبار استيفاء كافة البنود الواردة فى أجزاء الكود.

٩-١ استلام وإعداد وتجهيز الموقع

لاستلام الموقع المحدد للمشروع تتخذ إجراءات إعداد وتنظيم وتجهيز الموقع على النحو التالى:

٩-١-١ التأكد من الحصول على كافة التراخيص والموافقات للمشروع قبل بدء العمل وكذلك صلاحية الموقع جيولوجياً واتخاذ الاحتياطات المناسبة في حالة تواجد فوالق أرضية أو مناطق انهيارات أو مخرات سيول خاصة في المدن الجديدة والمناطق التى لم يسبق البناء فيها.

٩-١-٢ تحديد موقع المشروع طبقاً لرسم الموقع العام والمبين عليه موقع كل منشأ وأبعاده ومحاوره وعلاقته بالمنشآت الأخرى وتطهيره من العوائق وإزالة المخلفات إن وجدت سواء كانت مبانى أو أشجار أو خلافه تعترض تنفيذ المنشآت وتحصر كمياتها ويحدد نوعيتها. وفى حالة وجود مرافق تحت الأرض يقوم المهندس المنفذ بالاتصال بالمختصين لاتخاذ الإجراء المناسب.

٩-١-٣ عمل ميزانية شبكية للموقع لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية وحساب كميات الحفر والردم وأعمال التسويات وتحديد نقطة بدء مرجعية (روبير ثابت) للأعمال المساحية مع المحافظة على هذه النقطة سليمة وواضحة طوال مدة تنفيذ المشروع.

٩-١-٤ عمل احتياطات الأمن ومراعاة تعليمات الأمن الصناعى.

٩-١-٥ تخطيط الموقع وتحديد أماكن المنشآت والتشوينات ومعرفة المساحات المحيطة لتمهيد الطرق التى تسهل وصول المهمات والمعدات والمواد وتحديد وتأمين المداخل

والمخارج وإمداد الموقع بالمياه والكهرباء وورش الصيانة اللازمة ووسائل الاتصال السلكية أو اللاسلكية وكذلك عمل الأسوار والمخازن المغلقة والمكشوفة ومكاتب المهندسين والعاملين.

٩-١-٦ بعد تحديد أماكن المنشآت فى الموقع يجب عمل جسات وأخذ عينات من التربة على أعماق مختلفة طبقاً لكود الأساسات واشتراطات المشروع ومواصفاته وذلك للتأكيد على عمق التأسيس وجهد التربة المذكورين بالرسومات الإنشائية للأساسات كذلك التعرف على منسوب وحركة المياه الجوفية وطبقات التربة المختلفة لاتخاذ الاحتياطات اللازمة لنزح المياة الجوفية بالطرق المناسبة أثناء التأسيس مع أخذ الاحتياطات اللازمة للمحافظة علىسلامة المنشآت المجاورة أثناء تنفيذ الأساسات.

٩-١-٧ مطابقة كافة الرسومات المعمارية والإنشائية والصحية والكهربائية ....إلخ ، ودراسة علاقة هذه الرسومات ببعضها البعض وتتابع تنفيذها وإعداد الرسومات التفصيلية بمقياس رسم مناسب والإطلاع على الإشتراطات والمواصفات الفنية للمشروع.

٩-١-٨ إعداد البرامج الزمنية لتنفيذ المشروع فى ضوء المدة المتاحة للتنفيذ ويتم إعداد احتياجات المشروع من القوى البشرية والمعدات والخامات ومعدلات التوريد.........الخ بما يتفق مع هذه البرامج.

٩-٢ تشوين المواد

يتم تشوين المواد بالموقع فى أماكن التشوينات التى تم تحديدها عند إعداد وتجهيز الموقع ويجب أن تتم على جميع التشوينات إجراءات ضبط الجودة فور ورودها للموقع وطبقاً للمعدلات المشار إليها بالجدول (٨-٢) الخاص بضبط الجودة للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية المصرية.

٩-٢-١ الأسمنت

يُشون الأسمنت فى مكان جيد التهوية بحيث يكون محميا من تأثير العوامل الجوية وخاصة الرطوبة مع مراعاة أن يتم الفصل فى أماكن التخزين بين أنواع الأسمنت المختلفة وفى حالة تشوين الأسمنت على هيئة شكائر فيجب رصها بحيث تكون غير ملاصقة للأرض ويلزم أن يسمح التوزيع للرصات بالتهوية المستمرة ، بحيث لا يزيد عدد الطبقات فى الرصة الواحدة عن ١٠ طبقات ويدون على الرصات تاريخ إنتاج الأسمنت مع مراعاة عدم استخدام أسمنت

مضى على تاريخ انتاجه أكثر من ٣٠ يوماً فى أعمال الخرسانة المسلحة ما لـم يتـم إجـراء الاختبارات اللازمة للتأكد من عدم تغير خواصه.

٩-٢-٢ الركام

يجب تشوين الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث وإختلاطه بـأى مواد أخرى وطبقاً للتدرج المحدد مسبقاً بالخلطات التصميمية للمشروع ، وفى الأعمـال التـى تحتاج إلى خرسانة خاصة أو رتبة عالية يجب عمل أرضية صلبة جيدة الصرف لتشوين الركـام حسب مقاساته المختلفة طبقاً للتدرج الحبيبى المطلوب.

٩-٢-٣ صلب التسليح

يُشون صلب التسليح بحيث يكون محميا من التعـرض للصـدأ ، وألا يكـون ملاصقـاً للأرض، وبحيث لا يتعرض لأى مواد تؤثر على تماسكه بالخرسانة ويُفضل إجراء تشكيل صلب التسليح قبل الاستعمال مباشرة.

٩-٢-٤ الإضافات

يتم تشوين الإضافات طبقاً لشروط التخزين الواردة بنشرة المنتج . كمـا يجـب تشـوين الإضافات كل على حدة فى عبواتها الأصلية مدوناً عليها تاريخ انتهاء الصلاحية.

٩-٢-٥ المياه

المياه الصالحة للخلطات الخرسانية هى المياه الصالحة للشرب وفى حالـة عـدم توافـر مصدر مياه مستمر بالموقع فإنه يمكن تخزين المياه بالموقع فى حاويات مغلقة لاتسمح بحـدوث تلوث للمياه بالمواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية وأى مواد قد تؤثر تـأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح.

٩-٣ قياس المواد

تتوقف درجة الدقة لأجهزة قياس مواد الخرسانة على عدة عوامل طبقاً لحجم المشـروع ومعدل الإنتاج المطلوب ومواصفات الخرسانة المطلوبة . على أن يتم معايرة هـذه الأجـهزة بصفة دورية. كما يجب مراعاة التفاوتات المسموح بها والواردة بالبند (٩-٨).

٩-٣-١ الأسمنت

لا يُسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخلطة الخرسانية تحوى عدداً صحيحاً من شكائر الأسمنت، وفى حالة استعمال الأسمنت السائب يجب قياس الأسمنت بالوزن باستعمال موازين دقيقة معايرة.

٩-٣-٢ الركام

يجوز قياس الركام بالحجم فى صناديق قياس ذات سعة معينة ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن يكون أعلى وأسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف - كما يراعى حساب زيادة الحجم فى الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة به. ويفضل القياس بالوزن لأنه يعطى نتائج أدق.

٩-٣-٣ المياه

يجب أن تضاف المياه للخليط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة ، ويجب أن تؤخذ فى الاعتبار كمية الرطوبة المحتمل وجودها فى الركام.

٩-٣-٤ الإضافات

يتم خلط الإضافات طبقاً للكميات المحددة بالخلطات التصميمية ويجب أن تقاس قياساً دقيقاً.

٩-٤ الشدات والفرم

يجب أن يتحقق عند تنفيذ أعمال الشدات والفرم الأسس الآتية :

أ - دراية كل من المصمم والمنفذ لنوعيات الشدات والفرم المستخدمة.

ب - توفير الأمان الكافى لجميع عناصر المنشأ الخرسانى أثناء التجهيز ورص أسياخ التسليح والصب وأثناء مرحلة التصلد وحتى موعد إزالة الشدات.

جـ - فى حالة وجود فتحات بالأسقف والكمرات والحوائط لزوم مجارى تكييف الهواء أو المواسير أو خلافه فيعمل حساب لهذه الفتحات فى الشدات قبل رص صلب التسليح وصب الخرسانة.

د - اتباع تعليمات وتوفير وسائل الأمن الصناعى لجميع العاملين والمشرفين أثناء التنفيذ مع توافر إمكانية التفتيش والمراقبة بيسر وأمان.

٩-٤-١ تصميم وإعداد وتركيب الشدات والفرم

يجب تصميم وإعداد الشدات والفرم بجميع أنواعها بحيث تحقق الآتى :

٩-٤-١-١ تكون الشدات والركائز والأربطة متزنة للمحافظة على وضع العناصر الخرسانية فى مكانها الصحيح وكذلك بالقطاعات الصحيحة المصممة على أساسها.

٩-٤-١-٢ أن تكون الفرم متينة ومحكمة لمنع تسرب خليط الأسمنت والماء (اللبانى) من الخرسانة خلال مراحل الصب والدمك.

٩-٤-١-٣ فى حالة تعرض الفرم الخشبية للشمس والعوامل الجوية لفترة طويلة قبل صب الخرسانة عليها فيلزم التأكد من عدم حدوث أى إلتواءات أو تغيير فى أبعادها.

٩-٤-١-٤ تربيط الركائز وخاصة القوائم بحيث لا تؤثر عليها الصدمات الأفقية الناتجة عن حركة العمال أو المعدات الصغيرة وكذلك ضغط الرياح والإهتزازات الناتجة عن المعدات المستخدمة فى العمل.

٩-٤-١-٥ ترتكز القوائم على أرضية ثابتة تتناسب مقاومتها مع الحمل الواقع عليها.

٩-٤-١-٦ فى حالة استعمال الشدات أو الفرم ذات الطابع الخاص يجب أن تنفذ حسب الرسومات التصميمية والاشتراطات الخاصة بهذا النوع من الشدات ويتم التفتيش عليها قبل البدء فى رص صلب التسليح.

٩-٤-١-٧ تحديب فرم بطنيات الكمرات والبلاطات طبقا للبيانات الواردة بمستندات المشروع وفى حالة عدم توافر هذه البيانات تُحدب الفرم للبحور التى تصل أو تزيد على ثمانية أمتار بقيمة من (١/٣٠٠) إلى (١/٥٠٠) من طول البحر وفى حالة الكوابيل التى يزيد بروزها على متر ونصف يكون التحديب في حدود (١/١٥٠) من طول الكابولى.

٩-٤-١-٨ يجب ألا يتعدى التفاوت فى مقاسات الفرم من الداخل - أى مقاسات قطاعات الخرسانة - القيم الواردة بالبند (٩-٨-٣).

٩-٤-١-٩ يجب أن تنظف الفرم من الداخل - أى الأسطح الملاصقة للخرسانة - بعناية قبل رص أسياخ التسليح وقبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفضلات

ويتم التنظيف باستخدام الماء أو الهواء المضغوط . وفى حالة الأعمدة والحوائط والكمرات العميقة يتم عمل فتحات بالفرم عند أقل منسوب بهذه العناصر حتى يسهل نظافتها ويتم إغلاقها بعد إتمام عملية التنظيف وقبل صب الخرسانة مباشرة.

٩-٤-١-١٠ فى حالة الفرم الخشبية ترش الأسطح الملاصقة للخرسانة قبل الصب بالمياه لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط.

٩-٤-١-١١ يُفضل دهان أو رش سطح الفرم الملاصقة للخرسانة بمواد خاصه تمنع التصاق الخرسانة بالفرم وذلك قبل رص صلب التسليح لسهولة فك الفرم والمحافظة على السطح الخرسانى من الالتصاق بها.

٩-٤-١-١٢ يجب إعداد مسارات للعمال بحيث لا تؤثر حركتهم على أبعاد وأشكال صلب التسليح.

٩-٤-١-١٣ يراعى فك الشدات والركائز بأسلوب لا يتسبب عنه حدوث أى شروخ أو تشوهات فى العناصر الخرسانية.

٩-٤-٢ فك الشدات والفرم

تؤثر درجة الحرارة وطول البحر ونوع الأسمنت المستخدم ورتبة الخرسانة وأسلوب المعالجة والحمل الذى سيتعرض له المنشأ بعد الفك على تحديد المدة الواجب إنقضاؤها بين صب الخرسانة وفك الشدات والفرم وعلى ذلك يجب التأكد قبل الفك من أن مقاومة الخرسانة قد وصلت إلى القدر الذى يحقق الأمان الكافى بعد الفك وبشرط ألا ينتج عن الفك حدوث عدم إتزان للمنشأ أو ترخيم أو شروخ غير مسموح بها. وإذا لم تتوافر نتائج كسر المكعبات قبل الفك وإذا لم تقدم حسابات إنشائية خاصة عن قيم الترخيم والشروخ كما سبق الإشارة إليه يكون فك الشدات بعد إنقضاء فترة لا تقل عن حد أدنى بعد الصب طبقاً للقواعد التالية :

١ - فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى

- لا يجوز فك فرم الجوانب والتى تعمل كمجرد غلاف للخرسانة قبل مرور ٤٨ ساعة من الصب للكمرات والأعمدة والحوائط وفى الحالات الخاصة كالشدات النفقية والمنزلقة يتم الرجوع إلى المهندس المصمم.

- لا يجوز فك الفرم والشدات الحاملة للكمرات والبلاطات إلا بعد إنتظار مدة تساوى بالأيام ضعف البحر بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومان، ويعتبر البحر عند حساب زمن الفك للبلاطات هو الطول الأصغر للبلاطة – وفى جميع الأحوال لا تقل المدة عن أسبوع.
- فى حالة الكوابيل تعتبر المدة اللازم إنقضاؤها قبل فك الشدة بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولى بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومان، وفى جميع الأحوال لا تقل المدة عن أسبوع للكابولى الذى يقل بروزه عن ١,٥٠ متراً.

٢ – فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد

- يمكن فك الشدات والفرم الحاملة للكمرات والبلاطات وذلك فى مدة مساوية لنصف المدة المستخدمة فى حالة إستخدام أسمنت بورتلاندى عادى بحيث لا تقل عن ٣ أيام وعلى أن تتحمل الخرسانة عند الفك بأمان الإجهادات الناتجة عن الأحمال الفعلية المؤثرة، ويُفضل عمل اختبارات على مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة المستخدمة قبل فك الشدات للتأكد من وصول الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة.
- فى الحالات التى تنخفض فيها درجات الحرارة عن ١٥ درجة مئوية وخاصة عند استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد يجب الحذر وتأجيل فك الفرم والشدات مدة مناسبة بالإضافة للمدد المشار إليها عاليه.

٩–٤–٣ احتياطات خاصة لفك الشدات والفرم

٩–٤–٣–١ عندما تكون الفرم والركائز حاملة لأحمال إضافية كما فى حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب – لا يجوز فك القوائم قبل إنقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التى تضمن ارتكاز القوائم على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان وبعد التأكد من أن مقاومة الخرسانة قد أوفت باشتراطات المشروع ويمكن تخفيض المدة الزمنية المذكورة في حالة ثبوت توافر أمان إنشائى كافى لجميع العناصر الإنشائيه الحاملة للفرم بعد موافقة المهندس المصمم للمشروع.

فى الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة شد تبدأ المدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الكمرة المقلوبة أو السقف الحامل للسقف المعلق .

٩-٤-٣-٢ يراعى عند فك الشدات في جميع الحالات إتزان المنشأ وعدم حدوث أى إجهادات مخالفة في عناصره.

٩-٤-٤ فك الشدات النفقية والنصف نفقية

فى الشدات النفقية أو النصف نفقية يلزم عمل تجارب مقاومة الضغط قبل فك الشدات والتحقق من استيفاء الشروط الواردة بالبند (٩-٤-٢) مع مراعاة اتباع نفس أسلوب المعالجة بحيث تكون الاختبارات ممثلة للمقاومة داخل العنصر وقت الفك.

٩-٤-٥ التكسير فى الخرسانة بعد فك الفرم

لا يجوز اطلاقاً تكسير أو عمل فجوات فى الأعمدة أو فتحات فى الكمرات والبلاطات بعد صبها أو تقطيع صلب التسليح لأى سبب من الأسباب الا بعد الرجوع الى المهندس المصمم بذلك.

٩-٥ إنتاج وتصنيع ومعالجة الخرسانة

٩-٥-١ التجهيز والإعداد للصب

٩-٥-١-١ يلزم ان تكون جميع معدات الخلط والنقل نظيفة ويجب معايرتها قبل البدء فى العمل وتكرار ذلك على فترات يحددها المهندس المشرف.

٩-٥-١-٢ يلزم رش أسطح الفرم الخشبيه بالمياه قبل الصب ، كما يراعى أيضا رش البلوكات المفرغه جيدا بالمياه قبل الصب.

٩-٥-١-٣ يجب أن تكون أسياخ صلب التسليح نظيفة من المواد الضارة العالقة أو اللاصقة بها وخالية من أيه قشور نتيجة الصدأ، كما يراعى ما يلى:

- ترص أسياخ صلب التسليح على تخانات من البلاستيك أو القطع الأسمنتية أو ما شابه ذلك لحفظ الغطاء الخرسانى أثناء الصب.
- لا يُسمح بتكسيح صلب تسليح البلاطات أثناء الصب.
- يمنع تماما السير على أسياخ صلب التسليح بعد تشكيله وتثبيته.

٩-٥-١-٤ قبل صب خرسانة جديدة على خرسانة قديمة يجب إزالة أجزاء الخرسانة المفككة القديمة والمواد العالقة بها ثم معالجة سطحها لضمان التماسك بين الخرسانتين.

٩-٥-١-٥ يجب نزح المياه قبل بدء عملية صب الخرسانة، وإذا دعت الضرورة إلى الصب تحت منسوب المياه فيستخدم قادوس الصب تحت الماء ، بعد أخذ موافقة المهندس الاستشاري ومراعاة ما جاء بالبند (٩-٥-٣-٦).

٩-٥-٢ خلط مكونات الخرسانة

٩-٥-٢-١ يجب خلط المكونات ميكانيكياً فى خلاطات ذات سعة تتناسب مع معدلات الصب حتى يصبح توزيع مكوناتها منتظماً ، كما يجب تفريغ الخلاط تماماً قبل إعادة ملئه ويتم تفريغ ونقل الخلطة من الحلة إلى مكان صبها بواسطة السير الناقل أو باللونش الرافع أو المزراب أو مضخة الخرسانة، كما يجوز تفريغها على طبلية صماء لحين نقلها يدوياً – مع مراعاة عدم تفريغ خلطة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل الخلطة السابقة .

٩-٥-٢-٢ يجوز خلط الخرسانة يدويا إذا دعت الضرورة القصوى لذلك وبعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع وفى هذه الحالة يتم الخلط بتقليب المواد تقليبا جيدا بالنسب المطلوبة على طبلية مستوية صماء ويلزم خلط الأسمنت مع الركام وهو جاف ويقلب على ثلاث دفعات على الأقل ثم يضاف الماء تدريجيا بالقدر المطلوب للخلطة ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لونا وقواما بحيث تحقق الاشتراطات التصميمية.

٩-٥-٢-٣ فى حالة استخدام الخرسانة سابقة الخلط يلزم الرجوع إلى الاشتراطات الخاصة بإنتاجها واعتمادها من استشاري المشروع قبل السماح باستخدامها.

٩-٥-٢-٤ يجب تدوين المعلومات التالية بكراسة الموقع :

- رتبة الخرسانة ونوعية ونسب مكونات الخلطة.
- عدد الخلطات وحجمها التى استخدمت فى صب أجزاء المنشأ.
- أماكن صب الخرسانة.
- زمن وتاريخ الخلط.
- إجراءات ضبط الجودة.

٩-٥-٣ صب الخرسانة

يراعى عند صب الخرسانة ألا تتسبب في عدم اتزان الشدة ، كما يجب اتخاذ الاحتياطات الآتيه :

٩-٥-٣-١ يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على ٣٠ دقيقة فى الجو العادى الذى لا تتعدى درجة حرارته ٣٠ درجة مئويه في الظل و ٢٠ دقيقة فى الجو الحار أما إذا استلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يجوز استخدام الإضافات المناسبة عند الخلط والتى يوافق عليها المهندس الاستشاري للمشروع وبالنسب التى يتفق عليها على أن يتم التحقق من ذلك بعمل التجارب الكافية قبل بدء الصب.

٩-٥-٣-٢ يلزم عدم استخدام الخرسانة التى شكت أو تصلدت جزئياً أو لوثت بمواد غريبة.

٩-٥-٣-٣ يلزم مراعاة تحديد أماكن وصلات الإنشاء (أماكن إيقاف الصب) مسبقاً قبل بدء الصب على أن يستمر الصب بانتظام حتى الانتهاء من صب الجزء المتفق عليه.

٩-٥-٣-٤ فى حالة صب خرسانة بارتفاع كبير يراعى أن تصب على طبقات يتراوح سمكها بين (٣٠٠-٥٠٠ مم) مع استعمال الهزاز الميكانيكي حتى يمكن دمك الخرسانة أولاً بأول. ويراعى ألا يمضى أكثر من ٣٠ دقيقة فى الجو العادى أو ٢٠ دقيقة فى الجو الحار بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت فى التصلد عند بدء صب الطبقة التالية ويجوز تجاوز هذه المدة إذا توافر تسليح كافى لربط طبقات الصب المتتالية مع مراعاة اتباع جميع الاشتراطات الواردة فى البند (٤-٢-٢-٤) والبند (٩-٥-١-٤).

٩-٥-٣-٥ فى حالة الأعمدة التى يتجاوز ارتفاعها ٢,٥ متراً فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٢,٥ متراً يتم تقفيلها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً مع ضرورة دمك الخرسانة باستخدام الهزاز الميكانيكي.

٩-٥-٣-٦ إذا دعت الضرورة صب خرسانة تحت الماء وبدون عملية نزح المياه فيراعى أن تكون الخلطة الخرسانية قليلة الماء (مفلفلة) وتُصب من خلال ماسورة قطرها (١٠ – ١٥سم) تصل إلى القاع المطلوب صب الخرسانة عليه على أن

تُرفع الماسورة أثناء الصب بمعدل لا يسمح بخروج الماسورة من الخلطة حتى لا تتسرب المياه بداخلها.

٩-٥-٣-٧ إذا زادت درجة الحرارة عن ٣٦ درجة مئوية في الظل أثناء خلط وصب الخرسانة يجب مراعاة الاحتياطات التالية :

- تظليل تشوينات الركام (الكبير والصغير) كما يمكن في حالة الركام الكبير تبريده باستخدام رشاشات مياه.
- إذا كان الأسمنت سائباً في صوامع فإنه يجب دهانها من الخارج بمادة عاكسة لأشعة الشمس أما إذا كان في أكياس فترص الأكياس تحت سقيفة مهواة.
- تبريد الماء قبل استعماله في خلط الخرسانة.
- دهان الخلاطات من الخارج بمواد عاكسة لأشعة الشمس و/ أو تغطية الحلة بطبقة أو أكثر من الخيش مع رشها بالمياه .
- رش الفرم بالمياه قبل الصب وفى حالة إنتاج عناصر خرسانية سابقة التجهيز تصب في مساحات مظللة.

٩-٥-٤ دمك الخرسانة

تتم عملية الدمك والهز أثناء صب الخلطة الخرسانية بطريقة تضمن انسياب الخلطة حول حديد التسليح ، وتستمر عملية الدمك حتى انتهاء الصب.

ويجب استخدام وسائل الدمك الميكانيكى بواسطة الهزازات الغاطسة داخل الخلطة أو الهزازات التى تثبت على السطح للفرم والشدات ، ويجوز السماح لظروف خاصة استخدام الدمك اليدوى- بعد موافقة المهندس الاستشاري - وتتم عملية الدمك الميكانيكى بواسطة شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاقيع الهواء. ويراعى أثناء الهز إبعاد الهزاز الغاطس عن حديد التسليح. ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال من الأحوال في إحداث قلقلة في كتلة الخرسانة السابق صبها أو زحزحة أسياخ التسليح أو إحداث تغيير في مقاسات الفرم.

٩-٥-٥ معالجة الخرسانة ووقايتها

٩-٥-٥-١ يلزم معالجة الخرسانة بحيث تكون في حالة رطبة تماماً ابتداء من تصلد السطح بمدة لا تقل عن سبعة أيام في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى ولا تقل عن أربعة أيام في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد أو في حالة

استعمال إضافات معجلة ويتم ذلك برشها جيداً بالمياه الخالية من الأملاح أو المواد الضارة أو تغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأى تغطية مناسبة مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر. وفى حالة عدم إتباع المعالجة الرطبة يسمح باستخدام مركبات معالجة معتمدة ترش بصورة متجانسة لضمان تغطية الخرسانة بكامل مسطحها لحمايتها من فقد ماء الخلط ، كما يمكن استخدام المعالجة بالبخار أو غيرها. ويراعى بعد ذلك استمرار المعالجة بالترطيب بما يكفل الوصول للمقاومة المطلوبة للخرسانة طبقاً لمواصفات المشروع.

٩-٥-٥-٢ يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع الناتج من الجو الحار أو الجاف أو شدة العواصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة.

٩-٥-٥-٣ يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لمياه تحتوى على أملاح ضارة تزيد عن المسموح بها طبقاً للبند (٢-٢-٣).

٩-٥-٥-٤ يجب ألا تتعرض الخرسانة لأية أحمال مثل ضغط الماء الجوفى أو ردم ترابى لاسيما المشبع بالماء إلا بعد أن تصل مقاومة الضغط للخرسانة إلى المقاومة المطلوبة طبقاً لمواصفات المشروع.

٩-٥-٥-٥ في حالة تعرض الخرسانات التى لم يمض على صبها أكثر من ٧ أيام لأحمال ناتجة عن الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والسيول يجب التأكد من سلامة تجانس الخرسانة والوصلات الإنشائية وعدم وجود شروخ.

٩-٥-٦ فواصل الصب

يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية :

٩-٥-٦-١ أن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند نقط إنقلاب العزوم المجاورة للركائز أو عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن.

٩-٥-٦-٢ يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة.

٩-٥-٦-٣ تُنفذ الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال ، مع مراعاة صب الحدود الطرفية المائلة للبلاطات (Haunches) أو أسفل منسوب السقوط حول الأعمدة (Drop panels) إن وجدت مع البلاطات.

٩-٥-٦-٤ يُفضل أن يحدد المهندس المنفذ فواصل الصب مسبقاً على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح أسياخ التسليح اللازمة لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل، إذا تطلب الأمر وذلك لعرضها على المهندس المصمم للإعتماد.

٩-٥-٦-٥ عند استئناف صب الفواصل الأفقية بعد تصلد الخرسانة ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير، ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة بواسطة الهواء المضغوط ويغسل بالماء ثم ترش طبقة من خليط الأسمنت والماء (اللبانى) أو أى مواد أخرى معتمدة لتأكيد التماسك بين كل من الخرسانة القديمة والجديدة.

٩-٥-٧ فواصل الانكماش

في حالات المسطحات الواسعة التى تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادى حدوث تشققات مثل أرضيات المطارات والمصانع والجراجات وغيرها، تُقسم هذه المسطحات إلى مجموعة من الشرائح لا يتجاوز عرضها ٤ متر ولا يتجاوز أطول بعد فيها ٢٥ متراً على أن يُقسم هذا الطول بفواصل ثانوية على مسافات لا تزيد عن مرة وربع عرض الشريحة وبعمق يساوى ثلث سمك البلاطة، ثم تصب أولاً الشرائح الفردية أو الزوجية ثم يستكمل تبادلياً صب باقى الشرائح، مع عمل فواصل رأسية بين المساحات الفردية والزوجية بعرض ٢٠مم على الأقل تُملأ بعد الصب بالماستيك أو أى مادة مماثلة، ويجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط إتباع نفس الخطوات السابقة، وعمل فواصل مرنة بين الشرائح تسمح بحرية حركة الخزسانة في هذه الشرائح.

٩-٥-٨ فواصل التمدد

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلى :

من ٤٠ إلى ٤٥ متراً في المناطق المعتدلة.

من ٣٠ إلى ٣٥ متراً في المناطق الحارة.

ويمكن أن يُسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ في الاعتبار عند التصميم فروق درجات الحرارة وتأثير عوامل التمدد والانكماش والزحف.

وفى حالة أعمال الخرسانة الكتلية كالحوائط السائدة والإطارات يجب أن تكون الفواصل على مسافات أقل مع أخذ الاحتياطات الكافية لعدم تسرب المياه من هذه الفواصل.

٩-٦ تشكيل صلب التسليح

٩-٦-١ يُشكل صلب التسليح بجميع أنواعه على البارد طبقاً لنماذج تفريد الأسياخ.

٩-٦-٢ في حالة تعرض صلب التسليح لصدأ أو توريده للموقع بقشور الصناعة يجوز استعماله إذا أمكن إزالة طبقة الصدأ السطحية أو قشور الصناعة باستخدام فرش السلك أو السفح بالرمال بشرط التأكد من عدم تجاوز نقص وزن الأسياخ بعد تنظيفها عن ٢% ونقص قطر السيخ عن :

- ٠,٢٠ مم للأسياخ حتى قطر ١٠ مم.
- ٠,٣٠ مم للأسياخ أكبر من ١٠مم وحتى ٢٠ مم.
- ٠,٥٠ مم للأسياخ ذات قطر اكبر من ٢٠ مم.

٩-٦-٣ يرص صلب التسليح بعناية في أماكنه طبقاً للرسومات الإنشائية التنفيذية مع التثبيت الجيد بحيث لا يُسمح بزحزحته أثناء الصب والدمك، كما يراعى ترك مسافات بين أسياخ التسليح وبين الفرم تُملأ بالخرسانة أثناء الصب ولا يُسمح بظهور صلب التسليح على سطح الخرسانة حتى لا يتعرض للعوامل الجوية المساعدة على تكوين الصدأ.

٩-٦-٤ يراجع صلب التسليح بعد رصه في أماكنه طبقاً للرسومات الإنشائية بمعرفة المهندس المشرف ويتم تنفيذ جميع الملاحظات قبل السماح بصب الخرسانة.

٩-٦-٥ يُسمح في حالة وجود نسبة عالية من صلب التسليح بالقطاعات الخرسانية استخدام حزم على النحو الوارد في البنود (٤-٢-٥)، (٧-٣-٤).

٩-٧ الحد الأدنى للغطاء الخرسانى لصلب التسليح

٩-٧-١ يلزم مراعاة ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لصلب التسليح عن القيم المعطاة في بند (٤-٣-٢-٣-ب).

٩-٧-٢ في حالة الخرسانة المسلحة المعرضة دوما للمياه الجوفية أو للتربة كالأساسات مثلاً يزاد سمك غطاء التسليح ليكون ٧ سم.

٩-٧-٣ فى حالة خرسانة المنشآت التى قد تتعرض للحريق يلزم مراعاة ألا تقل أبعاد الغطاء الخرسانى عن القيم الواردة بالجدول (٢-١٣).

٩-٨ التفاوتات المسموح بها فى أعمال الخرسانة

يحدد هذا الجزء التفاوتات المسموح بها فى أعمال الخرسانة بعد اعتماد مكوناتها معمليا ومعايرة أجهزة القياس بمعدلات الخلط وتجهيز الخرسانة.

ويجوز فى بعض الحالات للمنشآت الخاصة أن يحدد التصميم تفاوتات مختلفة عن الواردة بهذا الجزء.

٩-٨-١ التفاوتات المسموح بها فى قياس كميات المواد المستعملة فى الخلط

يجب أن تكون أجهزة القياس معايرة بدقة ± ٠,٤٠ % عند معايرتها قبل الاستعمال على أقصى قيمة لقراءة الجهاز ويوضح الجدول (٩-١) التفاوتات المسموح بها فى أوزان المواد المستعملة فى كل خلطة منفصلة وفى الخلطة التراكمية فى العربة الخلاطة.

ملاحظات :

١ – التفاوت الموضح بالجدول هو الماء المضاف للخلطة ولكن يسمح بتفاوت فى حدود ± ٣% لمياه الخلط الكلية والتى تشمل الماء المضاف للخلطة والرطوبة السطحية على الركام والماء المستعمل فى الإضافات والماء المتبقى فى وعاء العربة الخلاطة بعد غسلها.

٢ – التفاوت السالب للأسمنت فى الخلطة التراكمية غير مسموح به ، وفى حالة استعمال الشكاير يكون التفاوت المسموح به فى وزن الشيكارة الواحدة هو +٢% من الوزن المكتوب على الشيكارة. وإذا كان الوزن المتوسط للشكاير فى أى حمولة واردة للموقع (محسوبا عن طريق وزن ٥٠ شيكارة يتم اختيارها عشوائيا من الحمولة) أقل من الوزن المكتوب على الشيكارة يجوز رفض الحمولة بالكامل أو تعويض فروق الوزن فى حالة استعمال الحمولة فى التشغيل.

جدول (٩-١) التفاوتات المسموح بها فى مواد الخلط

المكونات	الخلطة المنفصلة	الخلطة التراكمية	ملاحظات
الركام	± ٢%	± ١%	
الماء المضاف	± ١%	± ١%	أنظر الملحوظة رقم (١)
الأسمنت	± ١%	+ ٢%	أنظر الملحوظة رقم (٢)
الإضافات	± ٣%	التفاوت غير مرغوب فيه	

٩-٨-٢ التفاوتات فى الهبوط باختبار مخروط قياس قوام الخرسانة

١ - تُحدد التفاوتات المسموح بها فى اختبار الهبوط للعينات المأخوذة من الخلطة قبل الصب مباشرة.

٢ - بالنسبة لقوام الخرسانة يتم الرجوع إلى الاشتراطات الخاصة بالمشروع وأقصى تفاوت مسموح يكون كما هو وارد بجدول (٨-٢-ب) بشرط الحصول على المقاومة المميزة المطلوبة وموافقة المهندس الاستشاري للمشروع على ذلك.

٩-٨-٣ التفاوتات المسموح بها فى الأبعاد

تُعتبر التفاوتات المذكورة فى هذا البند مرجعاً للأخذ بها فى حالة عدم تحديد تفاوتات خاصة فى شروط أو رسومات التعاقد، وهذه التفاوتات تقديرية ويراعى الحرص عند الأخذ بها كمدى للصلاحية والقبول وليست كحد للرفض.

ولا يُسمح باستخدام هذه التفاوتات للخروج على حدود الملكية وتجاوز أبعاد الأرض أو زيادات فى البروزات والارتفاعات المصرح بها طبقاً للقوانين واللوائح المنظمة لأعمال البناء.

١ - التفاوتات القصوى فى الأبعاد الأفقية (محاور الأعمدة والكمرات والحوائط)

فى أى باكية أو لكل ٦,٠ متر فى أى اتجاه ± ٥ مم

البعد الكلى للمنشأ ± ٢٥ مم

٢ - التفاوتات فى الاستقامة الرأسية (Plumb)

أ - أسطح الأعمدة والحوائط وخط تقاطع الأسطح مع بعضها

لكل ٦,٠ متر ارتفاع ٥ مم

بكامل ارتفاع المنشأ (بحد أقصى ٣٠ مترا) ٢٥ مم

ب – أسطح أعمدة الأركان وفواصل التمدد الرأسية

لكل ٦,٠ متر ارتفاع	٥ مم
بكامل ارتفاع المنشأ (بحد أقصى ٣٠ مترا)	١٥ مم

جـ – الحوائط والأعمدة المنفذة باستخدام الشدات المنزلقة

لكل ١,٥ متر ارتفاع	٣ مم
لكل ١٥,٠ متر ارتفاع	٢٥ مم
بحد أقصى لكامل ارتفاع المنشأ (١٨٠ مترا)	٧٥ مم

هذا وبالنسبة للمبانى التى يزيد ارتفاعها عن الحد الأقصى المذكور عاليه يتم تحديد التفاوتات المسموح بها بمعرفة المهندس المصمم.

٣ – التفاوتات المسموح بها فى المناسيب (Levels)

التفاوتات الموضحة بهذا البند محددة بالمقارنة مع البيانات المذكورة بمستندات العقد وقبل فك الشدات.

أ – قاع الكمرات والبلاطات

لكل ٣,٠ متر مسافة أفقية	± ٥ مم
لكل باكية أو لكل ٦,٠ متر مسافة أفقية	± ١٠ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ٢٠ مم

ب – الأعتاب والجلسات والدراوى والكرانيش المعمارية بالواجهات

لكل باكية أو ٦,٠ متر مسافة أفقية	± ٥ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ١٥ مم

جـ – النقاط التى تحدد بها مناسيب البلاطات أو الكمرات المائلة

لكل باكية طولها ٦,٠ متر	± ١٠ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ٢٠ مم

٤ – أماكن ومقاسات مسامير الربط والفتحات

بالنسبة لأماكن محاور الفتحات	± ١٥ مم
بالنسبة لمقاسات الفتحات	± ٥ مم

٥ – مقاسات الأعمدة والكمرات والميدات والبلاطات والحوائط

للمقاسات حتى ٤٠٠ مم	+ ١٠ مم أو – ٥ مم
للمقاسات أكبر من ٤٠٠ مم	+ ١٥ مم أو – ١٠ مم

٦ – القواعد المسلحة

المقاسات الأفقية للقواعد	+٥٠ مم أو –١٥ مم
الأبعاد بين المحاور	± ٥٠ مم
سمك القواعد	بدون حد أقصى أو – ٢%
منسوب ظهر القواعد	+ ١٥مم أو –٥ مم

٧ – السلالم

بالنسبة للدرجة الواحدة

الارتفاع	± ٣ مم
المسافة الأفقية	± ٦ مم

بالنسبة للقلبة الواحدة أو مجموع قلبات الدور الواحد

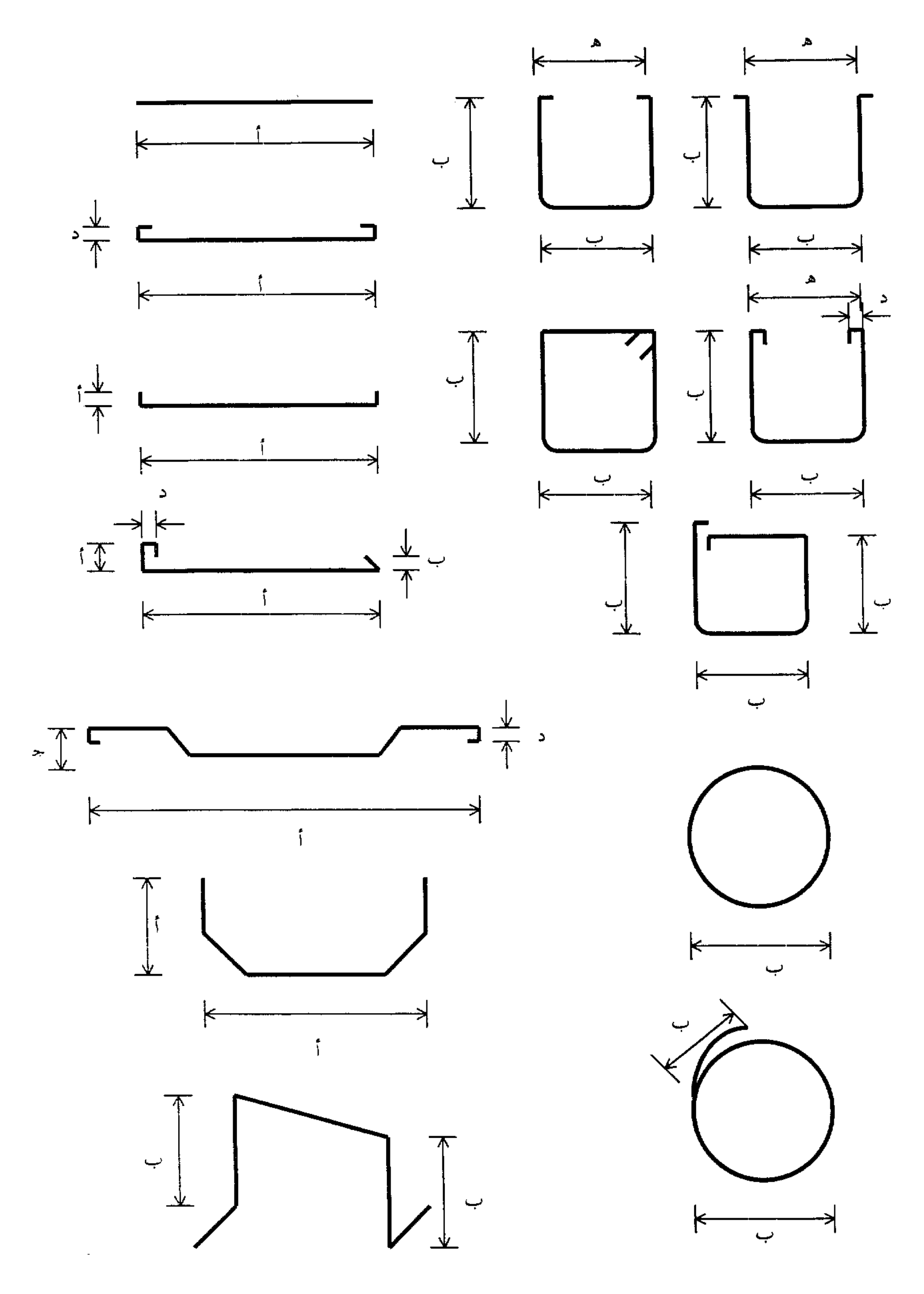
الارتفاع	± ٥ مم
المسافة الأفقية	± ١٠ مم

٩-٨-٤ التفاوتات المسموح بها فى أبعاد صلب التسليح العادى وعالى المقاومة

١ – التفاوتات المسموح بها فى تشكيل صلب التسليح شكل (٩-١) موضحة فى جدول (٩-٢) للأسياخ أقطار ٨ مم إلى ٣٢ مم.

جدول (٩-٢) التفاوتات المسموح بها فى صلب التسليح

البعد	للبلاطات والكمرات بعمق لا يزيد على ٢٥٠مم	للكمرات بعمق أكبر من ٢٥٠مم
أ	± ١٥ مم	± ٢٥ مم
ب	± ١٠ مم	± ١٥ مم
جـ	± ٨ مم	± ١٢ مم
د	± ٨ مم	± ١٢ مم
هـ	هذا المقاس يجوز التفاوت فيه فى حدود المسموح به للمقاس المقابل له مع السماح بتفاوت إضافى ± ١٠ مم	



شكل (٩-١) أبعاد تشكيل أسياخ التسليح

٢ – التفاوت المسموح به فى ترتيب أسياخ صلب التسليح

أ – التفاوت المسموح به فى العمق d

العمق d هو المسافة بين سطح الانضغاط الخارجى ومركز صلب التسليح فى الشد.

العمق d أقل من ٢٥٠ مم ± ١٠ مم

العمق d أكبر من ٢٥٠ مم ± ١٥ مم

ب – التفاوت المسموح به فى تقليل الغطاء الخرسانى لصلب التسليح

العمق d أقل من ٢٥٠ مم – ٦ مم

العمق d أكبر من ٢٥٠ مم – ٨ مم

(على أن لا تزيد هذه القيم عن ثلث الغطاء الخرسانى المحدد على الرسومات)

جـ – التفاوت المسموح به في تقليل المسافة بين الأسياخ فى الكمرات – ٥ مم

د – التفاوت المسموح به فى المسافات بين الأسياخ

البلاطات والحوائط ± ٢٠ مم

الكانات ± ٢٠ مم

الشبك الملحوم ± ٥ مم

بحيث لا يقل عدد الأسياخ الإجمالى فى المتر عن الموضح بالرسومات التنفيذية.

هـ التفاوت المسموح به فى أماكن التكسيح والنهايات للأسياخ فى الاتجاه الطولى

بالكمرات والبلاطات المستمرة ± ٢٥ مم

نهايات الأسياخ بالكمرات والبلاطات بالأطراف الخارجية ± ١٥ مم

و – التفاوت المسموح به فى تقليل طول وصلات الأسياخ – ٢٥ مم

ز – التفاوت المسموح به فى تقليل طول أشاير الربط داخل الخرسانة

للأسياخ بقطر ١٠ إلى ٣٢ مم – ٢٥ مم

للأسياخ بقطر أكبر من ٣٢ مم – ٥٠ مم

٩-٩ إدارة المشروعات

٩-٩-١ عام

لقد أصبح من الضرورى الاعتماد على العلم الحديث في إدارة المشروعات حيث أن إدارة المشروعات عنصر أساسي لنجاحها وتحقيق الغرض الذى يقام من اجله المشروع وتزداد الحاجة إلى إدارة المشروعات كعنصر مستقل في المشروعات التى تتعدد فيها المهام او التخصصات اللازمة لتنفيذ المشروع.

ولعل من أهم وظائف إدارة المشروع أن يتم تحديد أهداف المشروع مع المالك وتحديد أنسب طرق لتحقيق هذه الأهداف بداية من طرق طرح العطاء ونوع العقد المستخدم حتى تحديد طرق الإنشاء المستخدمة لتلائم الموقع والجدول الزمنى للمشروع وتنسيق هذه المهام بحيث تتناسب مع التدفق النقدي الذى يتم تحديده مع مالك المشروع.

٩-٩-٢ أسلوب إدارة المشروع

يمكن استعراض أسلوب إدارة المشروع وذلك بسرد مراحل المشروع المختلفة واسهام إدارة المشروع في كل منها.

٩-٩-٢-١ مرحلة إعداد مستندات طرح العطاء

ويتم في هذه المرحلة مراجعة التصميمات المعمارية - الإنشائية - الصحى وغيره (وذلك على ضوء التقرير الابتدائي وتوصيات التصميم) واستكمال وتحديث هذه التصميمات إذا تطلب الأمر ذلك.

ويتم أيضا مراجعة قوائم الكميات وإعداد مواصفات الأعمال واشتراطات التعاقد الخاصة منها والعامة.

ويقوم جهاز إدارة المشروع في هذه المرحلة بإعداد الجدول الزمنى وجدول تدفق النقدية طبقا للكميات وأسلوب الإنشاء الذى انتهى اليه المصمم وكذلك تحديد حزم (Packages) الأعمال التى سيتم طرحها وكذلك تحديد انسب أنواع التعاقد طبقا لهذا الاختيار (مقاول رئيسى أو عقد بنود أعمال أو عقد محدد القيمة ...الخ).

٩-٩-٢-٢ مرحلة طرح العطاء مع المقاولين

ويسهم جهاز إدارة المشـــروع فـــي هـــذه المرحلـــة بتحديـــد أســـلوب طـــرح العطـــاء (مناقصة محدودة - مناقصة عامة) وكذلك أعمال تقديم العطـــــاءات ومفاوضـــة المقـــاولين للوصول إلى انسب العروض الفنية والمالية.

وتتم أعمال تقييم العطاءات حسب أحدث الطرق الفنية المتبعـــــــة وباســـتخدام مبـــادئ (Value engineering) وأحدث حزم برامج الكمبيوتر في هذا المجال.

٩-٩-٢-٣ مرحلة التنفيذ (طريقة العمل في ادارة المشروع)

٩-٩-٢-٣-١ تقوم الشركة المنفذة بتقديم مقترحاتها لبرنامج العمل بطريقـــة (CPM) وذلـــك لجميع التخصصات المختلفة في المشروع ويجب ان يوضح البرنامج الآتي:

أ - نوع النشاط ومدته وتاريخ البداية المبكرة والنهاية المبكرة وتاريخ البدايـــــة المتأخرة والنهاية المتأخرة.

ب - منحنيات توضيح توزيع العمالة والمعدات الرئيسية على مدار فترة تنفيـــذ المشروع.

٩-٩-٢-٣-٢ يقوم جهاز إدارة المشروع بمراجعة مدة تنفيذ أجزاء المشروع المختلفة في كـل تخصص وترتيب هذه الأعمال وكذلك المعدات و العمالة على مدار فترة تنفيـــذ المشروع وتحديد ملاءمتها لبرنامج التنفيذ.

٩-٩-٢-٣-٣ يقوم جهاز إدارة المشروع بمتابعة تنفيذ البرنامج السابق بعد إقراره واعتمـــاده وتقديم تقرير شهري بما تم تنفيذه وإخطار الشركة المنفذة عند حـــدوث تـــأخير معين.

ويتضمن التقرير الموقف التنفيذي، الموقف المالي والموضوعات ذات الأهميـــة المطلوب حلها والمشاكل التى تعوق التنفيذ وطرق حلـــها وبيـــان مـــا اتخـــذه الاستشاري في هذا الخصوص. كما يتضمن التقرير صورا فوتوغرافية توضـــح تقدم الأعمال وبيانات الاجتماعات الدورية التى تم عقدها مـــع كـــل الشـــركات المنفذة والبنود المعلقة التى لم يتم حسمها.

ويجب أن يرفق بالتقرير الآتى :-

١ - جدول مقارنة نسبة الإنجاز الفعلية بالمستهدفة.

٢ – المسار الحرج للمشروع.

٣ – منحنى تقدم المشروع بالمقارنة بالمستهدف (Overall progress curve)

٤ – الدفعات النقدية المتوقعة (Expected cash out).

٥ – جداول نظام ضبط الوثائق و المستندات (Document and drawing control)

ومن الخبرة العملية ، فإن تنفيذ المشروعات الكبرى يستلزم حدوث تعديلات في البرنامج الزمني الموضوع عند بداية العمل وذلك لعدة أسباب منها احتمال تأخير توريد معدات معينة أو التأخير نتيجة لعدم مطابقة معدلات الأعمال المفترضة عن المعدلات الفعلية.

وبناء على ذلك فلابد من إعادة إدخال هذه المتغيرات مرة أخرى على برنامج التنفيذ (CPM) ودراسة تأثيرها على مدة تنفيذ المشروع بصفة عامة وعلى التخصصات الأخرى المعتمدة عليها بصفة خاصة.

كما يقوم جهاز إدارة المشروع في هذه الحالة بما لدية من إمكانيات في مجال إدارة المشروعات باستخدام حزم البرامج الجاهزة (Software packages) وأجهزة الكمبيوتر المتوفرة لدية بوضع نظام معلومات متكامل للسيطرة على الوقت والمستندات وضمان التزام الشركة المنفذة بالجدول الزمني وبالتالي السيطرة على تدفق الأموال بالمشروع كما يقوم الجهاز باعتماد البرنامج الزمني وتقديم الاقتراحات لتلافي حدوث تأخير في مدة تنفيذ المشروع سواء بالتحذير المبكر لباقي التخصصات من تعدي مدة السماح (Float period) أو إلزام المقاول بعمل تغيير في معدلات العمل في التخصصات التى ليس لها مدة سماح والواقعة على المسار الحرج.

ومن الأهمية بمكان أن يتضمن موقف البرنامج الزمنى للمشروع نسبة إنجاز الأعمال المختلفة بالمشروع حتى تاريخه ونسبة إنجاز مكونات المشروع ويتضمن المسار الحرج للمشروع بالإضافة الى موقف الطلبات (Submittals) وأوامر الشراء (Procurement) والتدفقات النقدية المتوقعة.

ويتولى جهاز إدارة المشروع وضع نظام وأسس ضبط وتحقيق الجودة (Quality control - quality assurance) ويجب ان يتأكد الجهاز من تطبيق هذا النظام وكذلك يقوم الجهاز بمنع أو الحد من مطالبات المقاول بما يضمنه من السيطرة على الجدول الزمنى وضمان تدفق المعلومات والمستندات.

وفى حالة وجود مطالبة للشركة المنفذة، فإن جهاز إدارة المشروع يقوم بتحليلها والرد عليها بالتنسيق مع المالك وكذلك وضع نظام لمتابعة المستخلصات بالكمبيوتر لضمان سرعة ودقة مراجعتها .

وتُحدد نطاق أعمال إدارة المشروعات فيما يلى:

١ – عمل البرنامج الزمنى العام للمشروع.
٢ – عمل البرنامج الزمني التفصيلي بعد اعتماد البرنامج العام.
٣ – تحديث البرنامج الزمني العام مرة كل شهر طوال مدة المشروع.
٤ – تحديث البرنامج الزمني التفصيلي مرة كل شهر طوال مدة المشروع.
٥ – عمل جدول التدفقات النقدية الواردة للمشروع طبقاً للبرنامج الزمني.
٦ – عمل المقارنة الشهرية بين التدفق النقدى الفعلى والمستهدف.

الباب العاشر

الخرســـانة سابقـــة الإجهـــــاد

١٠-١ عـــــام

١٠-١-١ تُصمم العناصـــر الخرســانية سابقة الإجهــاد طبقـــا للاشتراطــات الواردة بهــذا الباب.

١٠-١-٢ يُستخدم العديد من الأنظمة لسبق الإجهاد للخرسانة حيث قد تكون الخرسانة إمــا ذات شد مسبق (Pre-tensioned) أو ذات شد لاحق (Post-tensioned) وقد يكون الشد اللاحق ذو كابلات متماسكة (Bonded prestressing tendons) أو كابلات غـــير متماسكة (Unbonded prestressing tendons) وتكون الكابلات ذات الشد غـــير المتماسك إما داخلية (Internal tendons) أو خارجيـــــة (External tendons) ويستخدم سبق الإجهاد الدائرى (Circular prestressing) للعناصر المســتديرة أو الإسطوانية. وفى جميع الحالات السابقة إما أن يكون ســبق الإجــــــــهاد كـــاملا (Full prestressing) أو جزئيا (Partial prestressing).

١٠-١-٣ تُصمم العناصر سابقة الإجهاد لكى تقاوم الأحمـــال والأفعـــال الواقعــــة عليهـــا وطبقـــا لمتطلبات حالة حد المقاومة القصوى ومتطلبات حالات حدود التشـــغيل فـــى جميع مراحل التحميل بدءاً من نقل الإجهاد الى الخرسانة ومروراً بحالات التحميـــل المختلفة أثناء عمر المنشأ.

١٠-١-٤ تُصمم العناصر سابقة الإجهاد مع الأخذ فى الاعتبـــار تـــأثير العنـــاصر الإنشـــائية الملاصقة لها وماتحدثه من تشوهات مرنة أو غير مرنة وكذلك أى ترخيم أو تغير فـــى الطول أو الأحمال الناتـــجة عن سبق الاجهـــاد. ويؤخـــذ فى الاعتبـــار أيضـــاً تأثير كل من التغير فى درجات الحرارة والانكماش.

١٠-١-٥ يُراعى فى التصميم التحقق من عدم حدوث إنبعاج فى العناصر سابقة الإجهاد أو فـــى أجزاء منها مثل الجذع والشفة.

١٠-١-٦ تُحسب خواص القطاع الخرسانى مع الأخذ فى الاعتبار النقص فى مساحة القطاع نتيجة وجود الأجربة الخاصة بصلب التسليح المستخدم فى سبق الإجهاد.

١٠-١-٧ يُرجع إلى البند (١-١ مجال الكود) بخصوص المنشآت التى يمكن أن يطبق عليها هذا الباب من الكود.

١٠-١-٨ يتناول البند (١٠-٢) مواد العناصر سابقة الإجهاد والبند (١٠-٣) تصميم العناصر سابقة الإجهاد والبند (١٠-٤) نظم تحليل المنشآت سابقة الإجهاد والبند (١٠-٥) التفاصيل الإنشائية والبند (١٠-٦) أسس التفتيش وضبط الجودة والبند (١٠-٧) التنفيذ.

١٠-٢ مواد الخرسانة سابقة الإجهاد

١٠-٢-١ الخرسانة

١٠-٢-١-١ عام

تتميز خرسانة المنشآت سابقة الإجهاد بمقاومة ضغط عالية والتى تجعل القطاع الخرسانى أقل عرضة لحدوث التغيرات الحجمية من انكماش وزحف وبالتالى تقل فواقد الاجهاد فى الصلب المجهد. واستخدام الخرسانة ذات المقاومة العالية يسمح بتخفيض وزن العضو الذى يمثل فى أغلب الحالات نسبة عالية من الحمل التصميمى بالإضافة إلى استيفاء متطلبات حالات الحدود.

١٠-٢-١-٢ خواص مكونات الخرسانة سابقة الإجهاد

لتحديد الخواص الواجب توافرها فى المواد المكونة للخرسانة سابقة الإجهاد يرجع للبند (٢-٢) في الباب الثانى من الكود.

١٠-٢-١-٣ رتبة الخرسانة

رتبة الخرسانة هى مقاومة الضغط المميزة والتى تم تعريفها وتحديد الشروط التى يجب أن تحققها بالبند (٢-٥-٢) بالإضافة إلى ذلك يجب ألا تزيد عدد نتائج الاختبارات التى تقل عن مقاومة الضغط المميزة بقيمة مقدارها ٤ ن/مم^{٢} على ١% .

ويوضح جدول رقم (١٠-١) رتب الخرسانة المستخدمة في الخرسانة سابقة الإجهاد.

جدول (١٠-١) رتب الخرسانة سابقة الإجهاد (مقاومة الضغط المميزة f_{cu} ن/مم٢)

رتب الخرسانة ن / مم٢	30	35	40	45	50	55	60

١٠-٢-١-٤ مقاومة ضغط المكعب الخرسانى القياسى عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد

يجب ألا تقل مقاومة ضغط المكعب الخرسانى القياسى عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد عن ٢٥ ن/مم٢ للخرسانة سابقة الشد (Pre-tensioned) و ٢٢ ن/مم٢ للخرسانة لاحقة الشد (Post-tensioned).

١٠-٢-١-٥ هامش أمان تصميم الخلطة

يؤخذ هامش الأمان مساوياً للقيم المذكورة فى البند (٢-٥-٣) و فى حالة وجود البيانات الإحصائية المنصوص عليها فى البند (٢-٥-٣) لايقل هامش الأمان M عن القيمة المحسوبة من المعادلة (١٠-١).

$$M = 2.33\ s - 4 \qquad (10\text{-}1)$$

حيث s هو الانحراف المعيارى نيوتن / مم٢.

١٠-٢-٢ صلب التسليح

يُستخدم فى منشآت الخرسانة سابقة الإجهاد عدة أنواع من الصلب بأشكال مختلفة وفى حالة استخدام نوع معين من الصلب يجب أن يحقق جميع اشتراطات المواصفة التى يصنف على أساسها ويتم الحكم على الصلب من خلال اجراء الاختبارات المطلوبة فى معمل معتمد.

١٠-٢-٢-١ صلب سبق الإجهاد Prestressing Steel Tendons

ويُنتج هذا الصلب من صلب عالى المقاومة بأشكال معتمده فى السوق العالمية منها أسلاك الصلب عاليه المقاومة (مُنتجة بالسحب على البارد) وجدائل الصلب عالى المقاومة وأسياخ الصلب عالية المقاومة. وعند تجميع عدة أسلاك أو جدائل فى مسار واحد يطلق على المجموعة حزمة (أو كابل).

١٠-٢-٢-٢ الخواص الميكانيكية لصلب تسليح سبق الإجهاد

يجب التأكد من الخواص الميكانيكية للصلب كمقاومة الشد و إجهاد الخضوع و النسبة المئوية للإستطالة و معاير المرونة و إستيفائها لحدود المواصفات القياسية. و يوضح جدول (١٠-٢) الحدود الدنيا التى يجب أن يحققها إجهاد الخضوع والنسبة المئوية للإستطالة.

و يحتوى الملحق (٣) على قيم استرشادية للخواص الميكانيكية لصلب سبق الاجهاد فى بعض المواصفات العالمية.

جدول (١٠-٢) خواص صلب سبق الإجهاد

نوع الصلب	إجهاد الخضوع	النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر
جدائل Strands	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد *	لا تقل عن ٣,٥ % من طول قياس يساوى ٦١٠ مم
أسلاك Wires	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد *	لا تقل عن ٤ % من طول قياس يساوى ٢٥٠ مم
أسياخ ملساء Smooth bars	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد **	لا تقل عن ٤ % من طول قياس يساوى ٢٠ مرة قطر السيخ
أسياخ ذات نتوءات Deformed bars	لا يقل عن ٨٠ % من مقاومة الشد **	

* إجهاد الخضوع هو الإجهاد المناظر لاستطالة قدرها ١ % (محدد بطريقة الاستطالة تحت الحمل)
** إجهاد الخضوع هو الإجهاد المحدد بطريقة الاستطالة تحت الحمل والمناظر لانفعال متبقى قدرة ٠,٢٠ %.

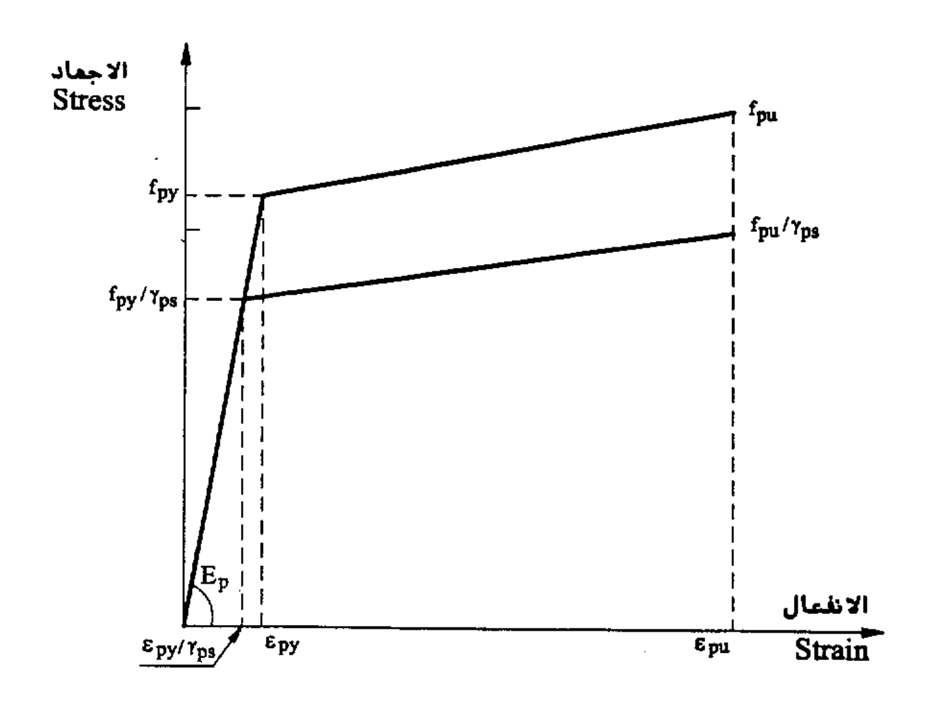
١٠-٣ تصميم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

١٠-٣-١ أسس التصميم

١٠-٣-١-١ تصمم العناصر سابقة الإجهاد لكى تتحمل الأحمال الواقعة عليها طبقا لطريقة حالات الحدود ووفقا لنوعية التأثيرات المعرض لها العنصر وكذلك أخذ معاملات خفض المقاومة القصوى وفقاً لما هو مذكور فى الباب الثالث من هذا الكود مع إستبدال الرمز γ_s بالرمز γ_{ps} لصلب سبق الإجهاد.

١٠-٣-١-٢ تؤخذ القوى الأساسية والاعتبارات العامة لتصميم القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد والمعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقاً لما هو وارد فى البند (٤-٢-١) مع الأخذ فى الاعتبار العلاقة بين الإجهاد والانفعال للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد طبقاً للبند (١٠-٣-١-٣)

١٠-٣-١-٣ تؤخذ العلاقه بين الإجهاد والانفعال فى الشد للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد طبقاً للمنحنى الاعتبارى شكل (١٠-١)



شكل (١٠-١) المنحنى الاعتبارى للعلاقة بين الاجهاد والانفعال فى الشد للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد

4-1-3-10 تؤخذ العلاقة بين الإجهاد الأقصى f_{pu} وإجهاد الخضوع فى الشد f_{py} لصلب سبق الإجهاد وفقاً لنوعية الصلب وطبقا للعلاقات التالية:

$$f_{py} / f_{pu} = 0.80 \quad \text{for deformed bars} \qquad (10\text{-}2)$$

$$f_{py} / f_{pu} = 0.85 \quad \text{for normal relaxation stress – relieved strands, wires and smooth bars} \qquad (10\text{-}3)$$

$f_{py} / f_{pu} = 0.90$ for low relaxation stress-relieved strands and wires (10-4)

١٠-٣-٢ متطلبات حدود التشغيل

١٠-٣-٢-١ للتحقق من الإجهادات عند نقل سبق الإجهاد للخرسانة وعند حمل التشغيل وعند حمل التشرخ فإنه يمكن استخدام طرق التحليل المرن للقطاع .

١٠-٣-٢-٢ تؤخذ الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة للعناصر المعرضة للعزوم و الضغط المحورى طبقا للجدول (١٠ -٣).

جدول (١٠-٣) الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة (ن / مم٢)

١ - الإجهادات المسموح بها نتيجة عزوم الانحناء بعد نقل الإجهاد للخرسانة مباشرة (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن - Time dependent losses) يجب ألا تتعدى القيم الآتية :	
أ- أقصى إجهاد فى الضغط	$0.45\ f_{cui}$
ب- أقصى إجهاد فى الشد باستثناء ماهو مسموح به فى (جـ)	$0.22\sqrt{f_{cui}}$
جـ- أقصى إجهاد فى الشد عند نهاية الكمرات بسيطة الارتكاز	$0.44\sqrt{f_{cui}}$
٢- الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء عند حمل التشغيل (بعد حدوث جميع الفواقد فى الإجهادات) يجب ألاتتعدى القيم الآتية:	
أ- أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى الاحمال الدائمة	$0.35f_{cu}$
ب- أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الاحمال	$0.40f_{cu}$
جـ- أقصى إجهاد فى الشد فى منطقة التعرض السابق للضغط (Pre-compressed tensile zone)	$0.44\sqrt{f_{cu}}$
٣- الإجهادات المسموح بها للخرسانة نتيجة الضغط المحورى:	
أقصى إجهاد فى الضغط	$0.25\ f_{cu}$

حيث:

f_{cui} = المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند نقل سبق الإجهاد

f_{cu} = المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند التشغيل

١٠-٣-٢-٣ تؤخذ الإجهادات المسموح بها فى الصلب المستخدم فى سبق الاجهاد طبقا للجدول (١٠-٤).

جدول (١٠-٤) الإجهادات المسموح بها فى الكابلات (ن / مم^2)

أ - نتيجة قوة الشد الأصلية*	$0.9\ f_{py} \leq 0.75\ f_{pu}$
ب - في حالة الأسياخ وقت الشد	$0.7\ f_{pu}$
جـ- بعد نقل الإجهادات للخرسانة	$0.8\ f_{py} \leq 0.70\ f_{pu}$
د- فى حالة الكابلات المستخدمة فى خرسانة ذات شد لاحق عند أماكن ربط الكابلات أو وصلها	$0.8\ f_{py} \leq 0.70\ f_{pu}$

* ويجب ألا تتعدى القيمة التصميمية المقترحة من قبل الجهة المصنعة للكابلات أو روابط الكابلات (Anchorage)

١٠-٣-٢-٤ حالة حد الترخيم والتحدب Limit State of Deflection and Camber

١٠-٣-٢-٤-١ يتم حساب الترخيم والتحدب الفورى (Immediate deflection and camber) للكمرات ذات سبق إجهاد كامل (Fully prestressed beams) باستخدام نظرية المرونة مع أخذ عزم القصور الذاتى للقطاع بالكامل I_g. و يتم الحساب تحت تأثير حالات التحميل المختلفة مع اعتبار تأثير قوة سبق الإجهاد.

١٠-٣-٢-٤-٢ يتم حساب الترخيم الإضافى المتزايد مع الزمن (Long term deflection) آخذا فى الاعتبار قيمة الإجهادات فى الخرسانة وصلب سبق الإجهاد (بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار) وتحت تأثير القوى المؤثرة التى يمكن اعتبارها دائمة بالاضافة الى أخذ تأثير انكماش وزحف الخرسانة واسترخاء صلب سبق الإجهاد.

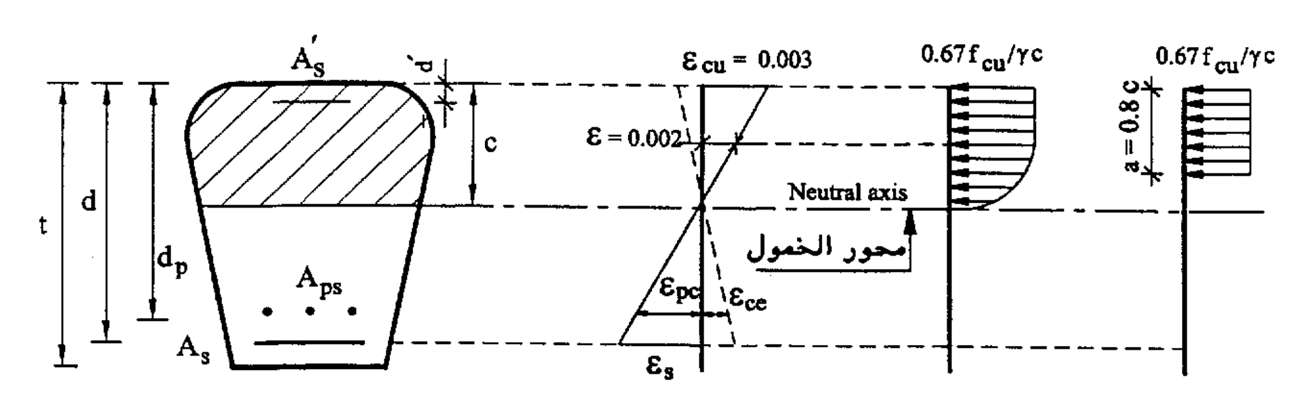
١٠-٣-٢-٤-٣ يجب ألا تتعدى قيم الترخيم الحدود المنصوص عليها فى البند (٤-٣-١).

١٠-٣-٢-٤-٤ يجب ألا تتعدى قيم التحدب الحدود التى تؤثر بالسالب على استخدام المنشأ أو أى من عناصره الإنشائية أو غير الإنشائية.

١٠-٣-٣ متطلبات حالة حد المقاومة القصوى

١٠-٣-٣-١ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١٠-٣-٣-١-١ يُحدد عزم الانحناء الحدى الأقصى للقطاع الخرسانى سابق الإجهاد باستخدام طريقة حالات الحدود المذكورة بالبند (١٠-٣-١) مع الأخذ فى الاعتبار توزيع الإجهادات على القطاع كما هو موضح فى شكل (١٠-٢).



شكل (١٠-٢) توزيع الانفعالات والإجهادات القصوى

١٠-٣-٣-١-٢ يتم حساب الانفعال الكلى فى صلب سبق الإجهاد ε_{ps} من المعادلة التالية:

$$\varepsilon_{ps} = \varepsilon_{pe} + \varepsilon_{ce} + \varepsilon_{pc} \tag{10-5}$$

حيث:

ε_{pe} = الانفعال فى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار

ε_{ce} = الانفعال فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار

ε_{pc} = الانفعال فى صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء

١٠-٣-٣-١-٣ يحسَب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} عند العزم الحدى الأقصى للقطاع وفقا للانفعال الكلى المعطى بالمعادلة (١٠-٥) والمنحنى الاعتبارى لصلب سبق الاجهاد المعطى فى شكل (١٠-١).

١٠-٣-٣-١-٤ القطاعات ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط

يمكن حساب العزم الحدى الأقصى لمقاومة القطاع فى حالة القطاعات المستطيلة ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط باستخدام المعادلة التالية:

$$M_u = A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p - \frac{a}{2}\right) \qquad (10\text{-}6\text{-}a)$$

حيث d_p المسافة من الألياف المعرضة لأقصى إجهادات ضغط إلى مركز ثقل صلب سبق الإجهاد.

أما فى حالة استخدام صلب تسليح عادى إضافى ناحية الشد فى القطاع يتم حساب عزم الانحناء الأقصى للقطاع من المعادلة التالية:

$$M_u = A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (10\text{-}6\text{-}b)$$

ويمكن أخذ تأثير أى صلب تسليح موجود فى القطاع على مقاومة القطاع للعزوم بعد تحديد الإجهاد به بواسطة طريقةالإتزان وتوافق الانفعالات.

١٠-٣-٣-١-٥ يمكن استخدام المعادلات التقريبية التالية لحساب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} .

١٠-٣-٣-١-٥-أ يحسب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} كحل بديل عن الطريقة المذكورة فى بند (١٠-٣-٣-١-٢،٣) بشرط ألايقل الإجهاد فى الصلب نتيجة سبق الإجهاد بعد الأخذ في الاعتبار تأثير كل الفواقد f_{pe} عن نصف الإجهاد الأقصى لصلب سبق الإجهاد $(0.5\ f_{pu})$.

١- بالنسبة لقطاعات مستخدم بها صلــب سـبق الإجــهاد المتماســك (Bonded prestressing tendons) وتحتــوى علــى صلــب تسـليح (Reinforcement) ناحية الضغط والشد.

$$f_{ps} = f_{pu}\left[1 - \eta_p\left(\mu_p \frac{f_{pu}}{f_{cu}} + \frac{d}{dp}(w - w')\right)\right] \qquad (10\text{-}7)$$

حيث:

η_p = معامل يعتمد على نوع الصلب ويؤخذ كالآتى:

٠,٦٨ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٨٠)

٠,٥٠ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٨٥)

٠,٣٥ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٩٠)

μ_p = نسبة صلب سبق الاجهاد فى القطاع الخرسانى وتساوى $\frac{A_{ps}}{b \cdot d_p}$

w = نسبة صلب تسليح الشد فى القطاع الخرسانى مضروبا فى نسبة إجــهاد الخضـوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu \frac{f_y}{f_{cu}}$

w' = نسبة صلب تسليح الضغط فى القطاع الخرسانى مضروبا فى نسبة إجهاد الخضوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu' \frac{f_y}{f_{cu}}$

حيث:

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot d} \qquad \mu' = \frac{A'_s}{b \cdot d}$$

b هو عرض القطاع فى حالة القطاعات المستطيلة

٢- لأخذ تأثير صلب التسليح ناحية الضغط فى حساب العزم الحدى الأقصـــى لمقاومة القطاع M_u فى الاعتبار يجب ألا تقل القيمة المحسوبة من المعادلـــة (١٠-٨) عند التعويض فى المعادلة (١٠-٧) عن ٠,١٧ كما يجب ألا تزيـــد

d' على $0.15d_p$ حيث أنه تم افتراض أن الانفعال فى صلب تسليح الضغط يساوى أو أكبر من انفعال الخضوع.

$$\left[\left(\frac{\mu_p \cdot f_{pu}}{f_{cu}} + \frac{d}{d_p}(w - w')\right)\right] \geq 0.17 \qquad (10\text{-}8)$$

١٠-٣-٣-١-٥-ب يحسب الإجهـــاد في صلب سبق الإجهاد عند العزم الحدى للقطاع M_u فى حالة العناصرسابقة الاجهـاد وبصلب سبق الإجـــهاد غـير المتماسـك (Unbonded prestressing tendons) وبحيث تكون نسبة البحر إلـــى العمق الفعال لاتزيد على ٣٥ من المعادلة التالية :

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \left(\frac{f_{cu}}{125\,\mu_p}\right) \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}9)$$

وبشـــرط ألا تزيـد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 420)$ أيهما أقل علـــى أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم٢.

١٠-٣-٣-١-٥-جـ يُحسب الإجهاد فى صلب ســبق الإجهاد عند العزم الحـــدى M_u وفى العناصر ذات صـلب ســبق الإجـــهاد غير المتماسـك وبحيـث تكون بنسبة البحر الى العمق أكبر من ٣٥ من المعادله التالية:

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \left(\frac{f_{cu}}{375\,\mu_p}\right) \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}10)$$

و بشـــرط ألا تزيـد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 200)$ أيهما أقل علـى أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم٢.

١٠-٣-٣-١-٦ الحدود القصوى لمساحة مقطع صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى

١٠-٣-٣-١-٦-أ تؤخذ نسبة صلب سبق الإجهاد μ_p ونسبة صلب التسليح العادى الموجود فى القطاع لتحقيق المعادلة (١٠-١١) مالم يتم حســاب المقاومـــة القصوى طبقـــا للبند (١٠-٣-٣-١-٦-ب).

$$w_p \leq 0.28 \qquad (10\text{-}11\text{-}a)$$

$$\left[w_p + \left(\frac{d}{d_p}\right)(w - w')\right] \leq 0.28 \qquad (10\text{-}11\text{-}b)$$

$$\left[w_{pw} + \left(\frac{d}{d_p}\right)(w_w - w'_w)\right] \leq 0.28 \qquad (10\text{-}11\text{-}c)$$

حيث:

$$w_p = \mu_p \frac{f_{ps}}{f_{cu}} = \frac{A_{ps}}{b \cdot d_p} \frac{f_{ps}}{f_{cu}}$$ لقطاع مستطيل بعرض b

و w_{pw} و w_w و w'_w هى نسب تسليح للقطاعات ذات شفة ضغط تشابه w_p و w و w' للقطاعات المستطيلة مع استخدام عرض العصب b ومساحة التسليح التى تكفى لتحقيق مقاومة العصب الكلية للضغط.

١٠-٣-٣-١-٦-ب فى حالة إستخدام نسبة صلب أعلى من المذكوره فى البند (١٠-٣-٣-١-٦-أ) فإن مقاومة القطاع الخرسانى تحسب باستخدام طريقة توافق الانفعالات.

١٠-٣-٣-١-٦-جـ تُحسب أقل قيمة لنسبة صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى فى القطاع الخرسانى على أن تحقق مقاومة قصوى للقطاع تتعدى ١,٢ مرة حد التشرخ للقطاع محسوبا بإستخدام مقاومة الخرسانة فى الشد f_{ctr} طبقا للبند (٤-٣-١-٤) ولاينطبق هذا الشرط على الحالتين التاليتين:

أ – البلاطات ذات سبق إجهاد لاحق وغير متماسك (Unbonded post-tensioned).

ب – العناصر المعرضة لعزوم انحناء وذات مقاومة للعزوم والقص ضعف القيمة المطلوبة من الحسابات.

١٠-٣-٣-١-٧ أقل نسبة لصلب متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) فى العناصر ذات صلب سبق إجهاد غير متماسك.

يجب وضع صلب تسليح متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) فى حالة العناصر الانشائية المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كما هو موضح فى (١٠-٣-٣-١-٧-أ) و (١٠-٣-٣-١-٧-ب).

١٠-٣-٣-١-٧-أ تؤخذ أقل نسبة للصلب المتماسك غير مسبق الشد فى حالة العناصر المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كمايلى:

$$A_s = 0.004\ A \qquad (10\text{-}12\text{-}a)$$

حيث A = مساحه قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله .c.g . ويتم توزيع الصلب المتماسك توزيعا منتظما اقرب مايمكن للأجزاء الخرسانية المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد نتيجة الأحمال الخارجية.

١٠-٣-٣-١-٧-ب فى حالة البلاطات ذات الاتجاهين و البلاطات اللاكمرية المصمتة ذات السمك الثابت تؤخذ أقل قيمة لصلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) كالتالى:

١- فى منطقة العزوم الموجبة يجب وضع حد أدنى من صلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) بالقطاع بحيث يحقق المعادله الآتية:

$$A_s = \frac{N_c}{0.5\, f_y} \qquad (\ 0\text{-}12\text{-}b)$$

حيث N_c هى قيمة قوى الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الدائمة والحية) ويوزع صلب التسليح فى منطقة الشد (Pre-compressed tensile zone) توزيعا منتظماً بحيث يكون أقرب ما يمكن فى الأجزاء المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد. ويجب ألا تتعدى قيمة f_y القيمة ٤٠٠نيوتن/مم^2 .

٢- فى منطقة العزوم السالبة عند الأعمدة يجب وضع صلب تسليح متماسك لايقل عن:

$$A_s = 0.00075 \ t_s \ L \qquad (10\text{-}12\text{-}c)$$

حيث:

t_s = سمك البلاطة

L = طول البحر فى الإتجاه الموازى لصلب التسليح المطلوب حسابه ويوزع هذا الصلب على عرض من البلاطة مساوى لـ $(c+3t_s)$ حيث c هو عرض العمود. ويجب ألا يقل عدد الأسياخ عن أربعة فى كل اتجاه ولاتزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم.

١٠-٣-٣-٢ طول التماسك وطول الانتقال لصلب سبق الاجهاد

بالنسبة لجدائل صلب سبق الإجهاد (3 or 7 Wire prestressing strands) يؤخذ طول التماسك L_d من المعادلة التالية:

$$L_d = L_t + L_a = \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{pe} \right) \frac{\phi}{7} \qquad mm \qquad (10\text{-}13)$$

حيث L_t هو طول الانتقال (Transfer length) ويتم حسابه طبقا لما يلى:

$$L_t = \left(\frac{f_{pe}}{3} \right) \frac{\phi}{7} \qquad mm \qquad (10\text{-}14\text{-}a)$$

و L_a هو الطول بعد القطاع الحرج والمعطى بالعلاقة:

$$L_a = \left(f_{ps} - f_{pe} \right) \frac{\phi}{7} \qquad mm \qquad (10\text{-}14\text{-}b)$$

حيث ϕ هو قطر الكابل (Tendon) بوحدات مم بينما f_{pe} و f_{ps} بوحدات ن/مم^2.

١٠-٣-٣-٣ القص

١٠-٣-٣-٣-١ فى الكمرات سابقة الإجهاد وفى حالات الركائز المباشرة تحت الكمرات حيث يتولد نتيجة لهذا الإرتكاز إنضغاط عمودى على الحافة السفلى للكمرة يسمح بأن يكون حساب إجهاد القص المؤثر على مسافة من وجه الركيزة الداخلى تساوى

نصف ارتفاع الكمرة $t / 2$ أو عند أول تغير فى عرض الجذع (أيهما أكثر حرجا).

١٠-٣-٣-٣-٢ عند حساب قوى القص المؤثرة على القطاع يتم الأخذ فى الاعتبار المركبة الرأسية لقوى سبق الإجهاد للكابلات المائلة:

$$Q_{du} = Q_u - Q_{pv} \qquad (10\text{-}15)$$

حيث Q_{du} هى قوى القص القصوى التصميمية ، Q_u قوى القص الناتجة من الأحمال الدائمة والحية ، Q_{pv} هى المركبة الرأسية لقوى سبق الإجهاد للكابلات المائلة.

١٠-٣-٣-٣-٣ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة لإجهاد القص

١٠-٣-٣-٣-٣-أ عند استخدام مقاومة القص q_{cu} لحساب المقاومة القصوى للقطاع فى القص يجب الأخذ فى الاعتبار تأثير الفتحات الموجودة بالعنصر.

١٠-٣-٣-٣-٣-ب يجب ألا تزيد قيمة $\sqrt{f_{cu}}$ المستخدمة فى هذا البند على ٧.٠٠ نيوتن/مم٢.

١٠-٣-٣-٣-٣-جـ فى العناصر التى تزيد فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة على ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء وفى حالة عدم عمل حسابات أكثر دقة (طبقا للبند ١٠-٣-٣-٣-٣-د) يمكن حساب q_{cu} تقريبيا كما يلى:

$$q_{cu} = \left(0.045 \sqrt{f_{cu}} + \frac{5\, Q_u \cdot d_p}{M_u} \right) \quad N/mm^2 \qquad (10\text{-}16)$$

ويجب ألا تقل قيمة q_{cu} عن $0.125\sqrt{f_{cu}}$ ولاتزيد على $0.35\sqrt{f_{cu}}$ كما يجب ألا تزيد قيمة $Q_u \cdot d_p / M_u$ على واحد حيث M_u هى قيمة العزم الأقصى عند المقطع الحرج فى القص.

١٠-٣-٣-٣-٣-د تُحسب مقاومة القص الاعتبارية للخرسانة q_{cu} طبقا للبندين (١٠-٣-٣-٣-٣-د-١) و (١٠-٣-٣-٣-٣-د-٢) وتكون قيمة q_{cu} الأصغر من القيمتين q_{cw} و q_{ci} .

١٠-٣-٣-٣-٣-د-١ تُحسب مقاومة القص q_{ci} من المعادلة التالية:

$$q_{ci} = 0.045\sqrt{f_{cu}} + q_d + q_i \frac{M_{cr}}{M_{max}} \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}17)$$

ويجب ألا تقل q_{ci} $0.125\sqrt{f_{cu}}$ حيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢.

حيث:

M_{max} = عزوم الانحناء القصوى عند القطاع نتيجة للأحمال الخارجية

q_i = اللإجهادات الناتجة عن قوى القص القصوى عند القطاع نتيجة للأحمال الخارجية المصاحبة للعزم M_{max}

q_d = إجهاد القص نتيجة الأحمال الميتة بدون إستخدام معاملات زيادة الأحمال

M_{cr} = أقل عزم انحناء يسبب تشرخ فى الخرسانة ويُحدد من العلاقة التالية:

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{y_t}\right)\left(0.60\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}\right) \qquad (10\text{-}18)$$

حيث:

f_{cd} = الإجهاد نتيجة للأحمال الميتة بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال عند حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية

f_{pce} = إجهاد الضغط فى الخرسانة نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة فقط (بعد حدوث الفواقد فى سبق الإجهاد) فى حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية

y_t = المسافة بين سطح الشد الأقصى ومحور الخمول (التعادل) للقطاع بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى

I = عزم القصور الذاتى للقطاع الخرسانى بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى

١٠-٣-٣-٣-٣-د-٢ تُحسب مقاومة القص q_{cw} من المعادلة التالية:

$$q_{cw} = 0.27\sqrt{f_{cu}} + 0.30\, f_{pcc} + q_{pv} \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}19)$$

حيث:

q_{pv} = إجهاد القص الناتج عن المركبة الرأسية لقوة سبق الإجهاد

f_{pcc} = إجهاد الضغط فى الخرسانة (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند مركز القطاع أو عند إتصال جذع الكمرة بالبلاطة عندما يكون المركز داخل البلاطة

وكحل بديل يمكن أخذ قيمة q_{cw} مساوية للإجهاد الذى ينتج عن قوة القص الناتجة من الأحمال الدائمة والحية والتى تسبب إجهادات شد رئيسية تساوى $0.3\sqrt{f_{cu}}$ عند محور العنصر أو عند تقاطع الشفة والعصب فى الحالات التى يقع فيها محور العنصر داخل الشفة. ويُحسب العمق الفعال d_p على أساس أنه المسافة من أقصى نقطة للضغط إلى مركز تسليح سبق الإجهاد أو يؤخذ يساوى 0.8 t أيهما أكبر.

١٠-٣-٣-٣-٣-د-٣ فى العناصر سابقة الشد (Pre-tensioned members) التى تكون فيها المسافة t / 2 من وجه الركيزة أقل من طول الانتقال L_t والمحسوب طبقا للمعادلة (١٠-١٤) يجب أن تؤخذ قوة سبق الإجهاد المناظرة عند حساب q_{cw} وتؤخذ هذه القوة على أساس أن قوة سبق الإجهاد تزيد خطياً من صفر عند نهاية الكابل إلى القوة القصوى عند مسافة تساوى طول الانتقال L_t.

١٠-٣-٣-٣-٣-د-٤ فى العناصر سابقة الشد التى تُربط أو تنتهى فيها بعض الكابلات قبل نهاية العنصر يجب أن يؤخذ فى الإعتبار قوة سبق الإجهاد المخفضة عند حساب إجهاد القص طبقاً للمعادلتين (١٠-١٧) و (١٠-١٩) و يمكن اعتبار أن قوة سبق الإجهاد تتغير خطياً من صفر عند نهاية الكابل إلى القيمة القصوى عند مسافة تساوى طول الإنتقال L_t.

١٠-٣-٣-٣-٣-د-٥ عند حساب مقامة القص فى الأعصاب التى تحتوى على أجربة للحقن (Grouted ducts) بقطر ϕ يزيد على $\frac{b_w}{8}$ حيث b_w هو عرض العصب يجب أن يؤخذ عرض العصب الفعال مساوياً $(b_w - 0.5\ \Sigma\phi)$ حيث $\Sigma\phi$ هو مجموع أقطار الأجربة عند المستوى الذى يحتوى على أكبر عدد من الكابلات.

١٠-٣-٣-٣-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعى القصوى الاعتبارية للقص

إذا زادت إجهادات القص القصوى q_u والمحسوبة من قوى القص المؤثره على القطاع طبقا للبند (١٠-٣-٣-٣-٣) عن المقاومة الإعتبارية للخرسانة q_{cu} فإنه يلزم استخدام تسليح جذعى طبقا للبند (٤-٢-٢-١-٤). وتحسب مشاركة التسليح الجذعى تبعا للتالى :

$$q_{su} = q_u - 0.50\, q_{cu} \qquad (10\text{-}20)$$

١٠-٣-٣-٤ اللـــى

١٠-٣-٣-٤-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللى تحدد طبقا للبند (٤-٢-٣-١).

١٠-٣-٣-٤-٢ إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللى q_{tu} تحدد طبقا للبند (٤-٢-٣-٢).

١٠-٣-٣-٤-٣ يجب ألا تزيد إجهادات القص القصوى q_{tumax} لقطاع مسلح بتسليح جذعى بالإضافة إلى تسليح طولى معرض لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لى عما هو مذكور فى البند (٤-٢-٣-٤).

١٠-٣-٣-٤-٤ يمكن إهمال تأثير عزوم اللى إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنه أقل من تلك المحسوبة من المعادلة:

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\ \sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.3\sqrt{f_{cu}}}\right)} \quad N/mm^2 \qquad (10\text{-}21)$$

١٠-٣-٣-٤-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لى مصحوبة بقوى قص

أ - اذا زادت قيمة الإجهادات المحسوبة q_{tu} بند (١٠-٣-٣-٤-٢) عن القيمة المحسوبة من المعادلة (١٠-٢١) (بند ١٠-٣-٣-٤-٤) وبحيث لا تزيد القيمة المحسوبة عن القيمة q_{tumax} بند (٤-٢-٣-٤) فإنه يلزم استخدام تسليح لمقاومة عزوم اللى مكون من كانات مقفلة بالإضافة الى تسليح طولى ويجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح ناتج من إجهادات عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقا للجدول (٤-٥).

ب – مساحة صلب التسليح العرضى اللازم لمقاومة اللى وهو عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة فى القطاع كما يلى :

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2\,A_o \left(\dfrac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot\theta} \qquad (10\text{-}22)$$

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة (١٠-٢٢) إلى:

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7\,(x_1\; y_1) \left(\dfrac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot\theta} \qquad (10\text{-}23)$$

مع ضرورة الأخذ فى الاعتبار جميع الملاحظات الواردة فى البند (٤-٢-٣-٥).

ويسمح بأخذ الزاوية θ كما يلى :

θ = ٤٥° فى الحالات التى تقل فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة عن ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الإنحناء

θ = ٣٧,٥° فى الحالات التى تزيد فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة عن ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء

جـ – مساحة التسليح الطولى الإضافى A_{sl}

تُحدد مساحة التسليح الطولى الإضافى من:

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right)\cot^2\theta \qquad (10\text{-}24)$$

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولى الإضافى عن:

$$A_{sl\,min} = \frac{0.46\sqrt{\dfrac{f_{cu}}{\gamma_c}}\;A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right) p_h \left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (10\text{-}25)$$

وألا تقل قيمة $\dfrac{A_{str}}{s}$ عن $\dfrac{1}{6}\dfrac{b}{f_{yst}}$

حيث f_{cu} ، f_y ، f_{yst} بوحدات نيوتن / مم٢

مع ضرورة مراعاة كافة الشروط الواردة بالبند (٤-٢-٣-ب-٥) .

١٠-٣-٣-٤-٦ فى المنشآت غير المحددة إستاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها غير ضرورى للإتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility torsion) يمكن تخفيض عزوم اللى القصوى فى الكمرات سابقة الإجهاد إلى القيمة التالية :

$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2{}_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.3\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad (10\text{-}26)$$

حيث A_{cp} و p_{cp} كما فى البند (٤-٢-٣-٦).

١٠-٣-٣-٥ مناطق ربط نهايات الكابلات

أ- يتم تحديد أبعاد ألواح النهاية فى العناصر لاحقة الشد (Post – tensioned) بحيث تحقق الحد التصميمى الأقصى لمقاومة الارتكاز طبقاً للبند (٤-٢-٤).

ب- يجب وضع صلب تسليح فى مناطق ربط نهايات الكابلات لمقاومة قوى الانشقاق (Splitting) وقوى الانفصال (Spalling) والناتجة من ربط الكابلات ويتم حسابها طبقاً لنظريات المرونة.

جـ -عند حساب القوى والتسليح بمناطق ربط نهايات الكابلات يجب اعتبار أقصى قوة سبق إجهاد أثناء الشد (Jacking force).

١٠-٣-٣-٦ العناصر المعرضة لقوى محورية مصحوبة بعزوم انحناء

يتم تصميم العناصر المعرضة لأحمال لامركزية باستخدام طريقة حالات الحدود وفقا لبند (٤-٢-١). ويجب أن يستوفى التصميم شروط الإتزان وتوافق الانفعالات مع أخذ إجهادات صلب سبق الإجهاد فى الاعتبار.

١٠-٣-٤ الفقد فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-١ يؤثر الفقد فى سبق الإجهاد على تصرف العنصر سابق الإجهاد تحت تأثير أحمال التشغيل. وينقسم فقد سبق الإجهاد الى المجموعتين التاليتين :

أ – الفقد الفورى فى سبق الإجهاد ويشتمل على مايلى:

١- فقد الإجهاد نتيجة انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت (Anchorage slip losses)

٢- فقد الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن (Elastic shortening losses)

٣- فقد الإجهاد نتيجة الاحتكاك (Friction losses)

ب – الفقد المعتمد على الزمن (Time dependent losses) فى سبق الإجهاد ويشتمل على مايلى:

١- فقد الإجهاد نتيجة انكماش الخرسانة (Shrinkage losses)

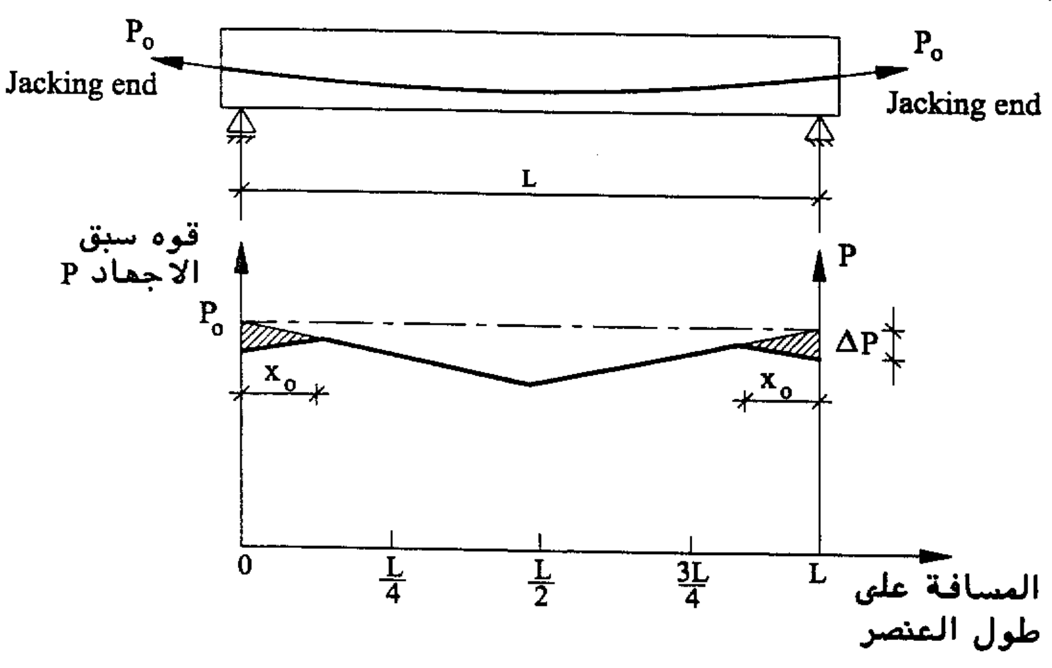
٢- فقد الإجهاد نتيجة زحف الخرسانة (Creep losses)

٣- فقد الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد (Relaxation losses)

١٠-٣-٤-٢ الفقد الفورى فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-٢-١ فقد الإجهاد نتيجة انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت Anchorage Slip Losses

يجب أخذ تأثير انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد Δp و يتم الرجوع إلى البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لنظام سبق الإجهاد عند حساب هذا الفقد أو عند حساب مسافة امتداد تأثيره x_o على طول العنصر (شكل ١٠-٣).



شكل (١٠-٣) فقد سبق الإجهاد نتيجة انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت (Anchorage slip losses)

١٠-٣-٤-٢-٢ فقد الإجهاد نتيجة الإنضغاط المرن Elastic Shortening Losses

يؤخذ تأثير الانضغاط المرن للعناصر الخرسانية عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد فى حالات الشد السابق و الشد اللاحق كما يلى :

أ- فى حالات الشد السابق (Pre-tensioning) يحسب الفقد فى سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad (10\text{-}27)$$

حيث:

Δf_{pe} = الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الإنضغاط المرن

E_p = معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد

E_{ci} = معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد

f_{pci} = الإجهادات الإبتدائية المتولدة فى الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن

ب- فى حالات الشد اللاحق (Post-tensioning) و في حالة شد صلب سبق الإجهاد دفعة واحدة تكون قيمة الفقد مساوية للصفر و يمكن أخذ تأثير مراحل تطبيق سبق الإجهاد (Sequence of prestressing) فى الإعتبار طبقاً للمعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{1}{2} \frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad (10\text{-}28)$$

١٠-٣-٤-٢-٣ الفقد نتيجة الاحتكاك Friction Losses

١٠-٣-٤-٢-٣-١ الفقد نتيجة الاحتكاك الداخلى فى ماكينة الشد Jack Internal Friction Losses

يجب أخذ تأثير الاحتكاك الداخلى فى ماكينة الشد المستخدمة فى سبق الإجهاد فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد و تحسب قيمة هذا الفقد بناءاً على البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لماكينات الشد.

١٠-٣-٤-٢-٣-٢ الفقد نتيجة التغيرات غير المقصودة فى مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد Wobble Friction Losses

يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة التغيرات غير المقضودة (Wobble) فى مسارات أجربة (Ducts) صلب سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$P_x = P_o \, . e^{-kx} \qquad (10\text{-}29)$$

حيث:

P_o = قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد

x = المسافة من بداية طرف الشد بالمتر (شكل ١٠ - ٤)

P_x = قوة الشد فى صلب سبق الإجهاد عند المسافة x من بداية طرف الشد

k = معامل التغيرات غير المقصودة (Wobble coefficient) لكل متر من طول سبق الإجهاد ويعتمد على نوع الأجربة المستخدمة و نوعية السطح الداخلى لهذه الأجربة و طريقة تنفيذ الشدات وشدة استخدام الهزازات عند الصب ويمكن فرضه طبقاً لما يلى :

٠,٠٠٣٣ لكل متر من طول الكابل للحالات العادية

٠,٠٠١٧ لكل متر من طول الكابل للحالات العادية للأجربة الجاسئة والمثبتة تثبيتا جيدا فى الشدة

١٠-٣-٤-٢-٣-٣ الفقد نتيجة انحناء مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد Curvature Friction Losses

أ- يتم حساب الفقد فى قوة سبق الإجهاد الناتج من احتكاك صلب سبق الإجهاد مع الأجربة التى تحتويه والناتج من انحناء مسارات هذه الأجربة من المعادلة التالية:

$$P_x = P_o \, . e^{\left(\frac{-\mu \, . \, x}{r_{ps}}\right)} \qquad (10\text{-}30)$$

حيث:

r_{ps} = نصف قطر تقوس المواسير التى تحتوى صلب سبق الإجهاد

μ = معامل الاحتكاك ويمكن فرضه كالآتى:

٠,٥٥ فى حالة احتكاك صلب مع خرسانة متصلدة

٠,٣٠ فى حالة احتكاك صلب مع صلب

٠,٢٥ فى حالة احتكاك صلب مع رصاص

ب - فى الحالات التى يتحقق فيها الشرط التالى :

$$\left(\frac{\mu \, . \, x}{r_{ps}}\right) \leq 0.2$$

يمكن تبسيط المعادلة (١٠-٣٠) إلى

$$P_x = P_o \left(1 - \frac{\mu \, . \, x}{r_{ps}}\right) \qquad (10\text{-}31)$$

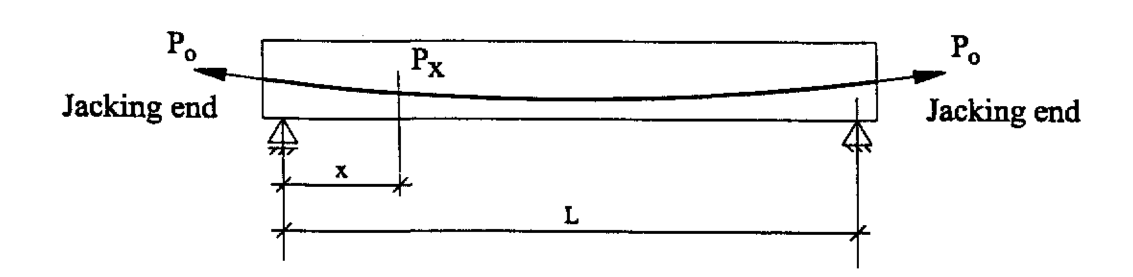
جـ - فى الحالات التى يتحقق فيها الشرط التالى:

$$\left(kx + \frac{\mu \, . \, x}{r_{ps}}\right) \leq 0.2$$

يمكن حساب الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة كل من التغيرات غير المقصودة فى مسارات الأجربة التى تحتوى صلب سبق الإجهاد و تأثير انحناء هذه الأجربة من المعادلة المبسطة التالية:

$$P_x = P_o \left[1 - \left(kx + \frac{\mu \, . \, x}{r_{ps}}\right)\right] \qquad (10\text{-}32)$$

د - يجب التحقق من قيم معاملات الإحتكاك k و μ التى تم فرضها فى مرحلة التصميم أثناء شد الكابلات.



شكل (١٠-٤) فقد سبق الإجهاد على طول الكابل نتيجة الفقد بالإحتكاك

١٠-٣-٤-٣ الفقد المعتمد على الزمن فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-٣-١ الفقد نتيجة انكماش الخرسانة Shrinkage Losses

أ- يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معايير المرونة لصلب سبق الإجهاد و الانفعال الناتج من انكماش الخرسانة ε_{sh}.

ب- تحدد قيم الانفعال الناتج عن انكماش الخرسانة ε_{sh} من جدول (٢-٩-أ) و في حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ قيم هذه الإنفعالات من جدول (١٠-٥).

جـ- فى حالة التنفيذ المرحلى (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد يمكن اعتبار أن نصف قيمة الانفعال الناتج عن الانكماش تحدث خلال الشهر الأول و أن ثلاثة أرباع قيمة هذا الانفعال تحدث خلال الستة شهور الأولى بعد الصب.

جدول (١٠-٥) الانفعال نتيجة انكماش الخرسانة ε_{sh}

نظام سبق الإجهاد	انفعال الإنكماش ε_{sh}
الشد السابق (Pre-tensioning) (٣ – ٥ أيام بعد الصب)	300×10^{-6}
الشد اللاحق (Post-tensioning) (٧ – ١٤ يوم بعد الصب)	200×10^{-6}

د- يحسب الفقد نتيجة الانكماش للعناصر ذات شد مسبق (Pre-tensioning) من العلاقة التالية:

$$\Delta f_{psh} = \varepsilon_{sh} \cdot E_p \qquad (10\text{-}33)$$

أما فى العناصر ذات شد لاحق (Post-tensioning) فيجب حساب الفقد وفقا للمعادلة (١٠-٣٣) مع أخذ تأثير الانكماش المؤثر فقط وهو الانكماش الذى حدث بعد نقل قوة سبق الإجهاد.

١٠-٣-٤-٣-٢ الفقد نتيجة زحف الخرسانة Creep Losses

أ – يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد و الانفعال الناتج عن زحف الخرسانة ε_{cr} .

ب- تؤخذ قيم معامل الزحف المطلوبة لحساب الانفعال الناتج عن زحف الخرسانة من جدول (٢-٩-ب) وفى حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ الانفعال نتيجة زحف الخرسانة من جدول (١٠-٦).

جدول (١٠-٦) الانفعال نتيجة زحف الخرسانة ε_{cr}

نظام سبق الإجهاد	ε_{cr} لكل (نيوتن/مم^٢) من إجهادات التشغيل مقاومة الخرسانة عند بدء عملية سبق الإجهاد f_{ci} (نيوتن / مم^٢) $f_{ci} > 40$	$f_{ci} \le 40$
الشد السابق (Pre-tensioning) (٣ – ٥ أيام بعد الصب)	48×10^{-6}	$48 \times (40/f_{ci})\times10^{-6}$
الشد اللاحق (Post-tensioning) (٧ – ١٤ يوم بعد الصب)	36×10^{-6}	$36 \times (40/f_{ci})\times10^{-6}$

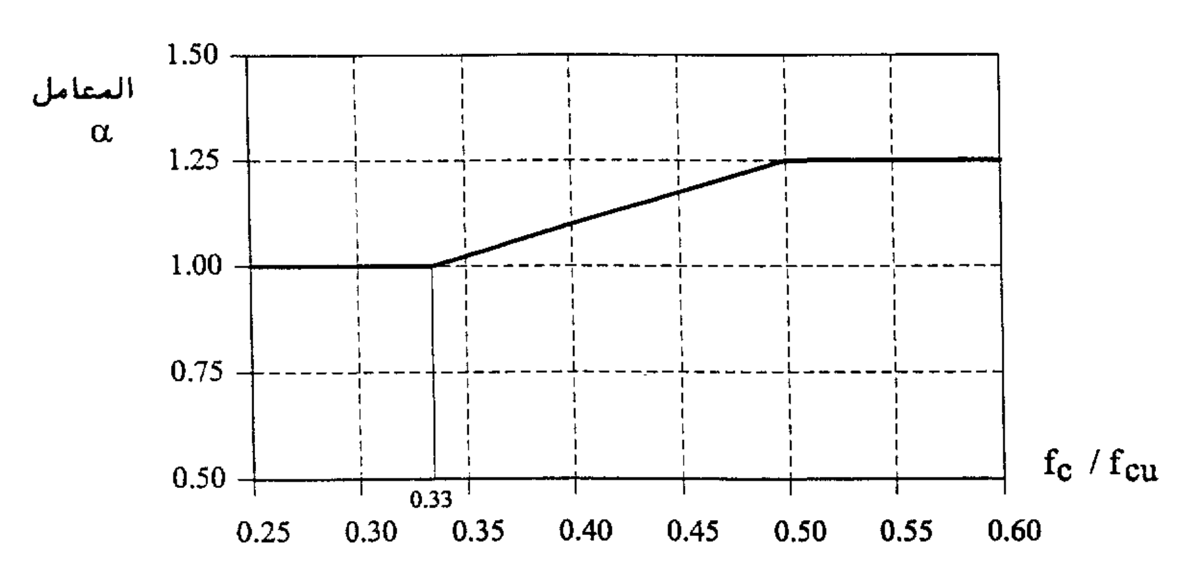
جـ- فى حالة زيادة إجهادات التشغيل عند أى قطاع بالعنصر الخرسانى عن ثُلث المقاومة المميزة للضغط للخرسانة f_{cu} يجب زيادة قيم الانفعال المعطاة بجدول (١٠-٦) طبقا للمعادلة التالية:

$$\varepsilon^*_{cr} = \varepsilon_{cr} . \alpha \qquad (10\text{-}34)$$

حيث:

ε_{cr} = الانفعال نتيجة الزحف لكل (نيوتن / مم^٢) من إجهادات التشغيل

α = معامل يعين من شكل (١٠-٥)



شكل (١٠-٥) تغير المعامل α مع إجهادات تشغيل الخرسانة

د – فى حالة التنفيذ المرحلى (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد يمكن اعتبار أن نصف قيمة الانفعال الناتج عن الزحف تحدث خلال الشهر الأول و أن ثلاثة أرباع قيمة هذا الانفعال تحدث خلال الستة شهور الأولى بعد الصب.

هـ– فى العناصر ذات سبق الإجهاد المتماسك (Bonded prestressing) يؤخذ الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الزحف كما يلى:

$$\Delta f_{pcr} = \frac{\phi . E_p}{E_c} f_{cs} \qquad (10\text{-}35)$$

حيث: ϕ هو معامل الزحف ويحسب كما يلى:

$$\phi = \frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_{el}} \qquad (10\text{-}36)$$

حيث ε_{el} هو الانفعال المرن و تؤخذ قيمة ε_{cr} من جدول (١٠-٦) أو المعادلة (١٠-٣٤).

ويمكن فى العناصر ذات سبق إجهاد مسبق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ٢,٠٠ كما يمكن فى العناصر ذات سبق إجهاد لاحق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ١,٦٠ وتؤخذ قيمة f_{cs} طبقاً للمعادلة التالية:

$$f_{cs} = f_{cs}^{*} - f_{csd}^{*} \qquad (10\text{-}37)$$

حيث:

f_{cs}^{*} = الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة قوة سبق الإجهاد عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة

f_{csd}^{*} = الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال شبه الدائمة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة

١٠-٣-٤-٣-٣- الفقد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد
Steel Relaxation Losses

أ- يؤخذ تأثير استرخاء صلب سبق الإجهاد فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد.

ب- يمكن إهمال تأثير استرخاء صلب سبق الإجهاد إذا تم سبق تحميل هذا الصلب لفترة زمنية قصيرة و لإجهاد يفوق أقصى إجهاد شد سوف يتعرض له هذا الصلب خلال عملية سبق الإجهاد و لفترة زمنية تحدد مع المهندس المصمم.

جـ- يمكن حساب الفقد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{PR} = \frac{f_{pi}\ (\log t)}{k_1} \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right) \tag{10-38}$$

حيث:

Δf_{PR} = الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد

t = الزمن من بدء الشد بالساعة و بحد أقصى ١٠٠٠ ساعة

f_{pi} = الإجهادات الإبتدائية المتولدة فى صلب سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفورى فى سبق الإجهاد مباشرة وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن

f_{py} = إجهاد الخضوع في الشد لصلب سبق الإجهاد

k_1 = معامل يعتمد على نوع صلب سبق الإجهاد ويؤخذ كما يلى:

١٠ في حالة Normal relaxation stress – relieved steel

٤٥ في حالة Low relaxation stress-relieved steel

١٠-٤ نظم تحليل المنشآت سابقة الاجهاد

يجب أن يتم التحليل الإنشائى والتصميم لعناصر المنشآت من الخرسانة سابقة الإجهاد سواء كانت محددة أو غير محددة استاتيكياً لتحقق متطلبات حالة حد المقاومة القصوى وحالات حدود التشغيل.

١٠-٤-١ المنشآت غير المحددة استاتيكياً

١٠-٤-١-١ يتم تعيين الأداء عند أحمال التشغيل باستخدام نظرية المرونة مع اعتبار رد الفعل وعزوم الانحناء وقوى القص والقوى المحورية الناتجة عن قوة سبق الإجهاد والزحف والانكماش والتغير الحرارى والتشكل المحورى والحركة المقيدة بين الأجزاء المترابطة (Restraint of attached structural element) وهبوط الأساسات .

١٠-٤-١-٢ يتم حساب عزوم الانحناء القصوى اللازمة لحساب المقاومة القصوى للقطاع كمجموع عزوم الانحناء نتيجة رد الفعل الناتج من قوى سبق الإجهاد بمعامل حمل أقصى يساوى واحد بالإضافة لعزوم الانحناء نتيجة الأحمال الأخرى بمعامل أحمال قصوى طبقاً للبند (٣-٢-١).

١٠-٤-١-٣ يجب عدم استخدام الطرق التقريبية فى حساب القوى الداخلية.

١٠-٤-٢ إعادة توزيع العزوم

يُسمح بإعادة توزيع العزوم المحسوبة طبقاً لنظرية المرونة نتيجة تأثير أى ترتيب مناسب للأحمال القصوى على البواكى بشرط تحقيق الآتى:

- الإتزان بين القوى الداخلية والخارجية لكل حالة تحميل.
- التخفيض المسموح به لعزوم الانحناء طبقاً لنظرية المرونة سواء السالب أو الموجب (وبشرط أن يغطى جميع حالات التحميل) يجب ألا يزيد على ١٠%.
- شرط الممطولية فى القطاعات التى يتم عندها إعادة العزوم.

١٠-٤-٣ البلاطات سابقة الإجهاد

١٠-٤-٣-١ يمكن تعيين عزوم الانحناء وقوى القص باستخدام طريقة الإطارات المكافئة طبقاً للبند (٦-٢-٦-٤).

١٠-٤-٣-٢ يمكن استخدام طريقة أكثر تطورا لحساب الاجهادات الداخلية.

١٠-٤-٣-٣ يجب ألا تقل مقاومة العزوم لأى قطاع فى البلاطات سابقة الإجهاد عن المقاومة المطلوبة طبقاً للبند (١٠-٣-٣).

١٠-٤-٣-٤ يجب ألا تقل مقاومة القص فى البلاطات لأى قطاع عند الأعمدة عما هو مذكور فى البند (٦-٢-٦-٧).

١٠-٤-٣-٥ يجب أن تتحقق فى البلاطات جميع الحدود الخاصة بحالات التشغيل.

١٠-٤-٣-٦ تفاصيل التسليح للبلاطات

- فى حالة الأحمال الحية العادية والأحمال متنظمة التوزيع تؤخذ المسافة بين الجدائل أو مجموعة الجدائل فى الاتجاه الواحد بحيث لا تزيد المسافة بينهم عن ٦ مرات سمك البلاطة أو ١,٥٠ متر أو البعد الأكبر للجراب (فى حالة استخدام أجربة غير مستديرة).

- تُرص الجدائل بحيث يكون المتوسط الأدنى لقوى الإجهاد السابق فى الجديلة الواحدة بعد حدوث الفقد الكلى فى سبق الإجهاد يساوى ٠,٩٠ ن/مم٢ على قطاع البلاطة للجديلة الواحدة أو مجموعة الجدائل.

- يجب ألا يقل عدد الجدائل فى الاتجاه الواحد عن إثنين في قطاع القص أعلا العمود.

١٠-٥ التفاصيل الانشائية

١٠-٥-١ عــــام

يرجع للبند الخاص بالتفاصيل الإنشائية لأعمال الخرسانة المسلحة بالباب السابع بالإضافة إلى الاشتراطات الآتى ذكرها.

١٠-٥-٢ الحدود القصوى لمساحة مقطع الكابلات بالقطاع الخرسانى

يرجع للبند (١٠-٣-٣-١-٦).

١٠-٥-٣ الغطاء الخرسانى للكابلات

يُحدد الغطاء الخرسانى للكابلات بوجه عـام طبقـا لمتطلبـات التحمـل مـع الزمـن (Durability) والمقاومة للحريق ومتطلبات التصميم طبقا للبـابين الثـانى والرابـع والكـود المصرى للحريق.

١٠-٥-٣-١ الكابلات المتماسكة بالخرسانة — Bonded Tendons

١٠-٥-٣-١-١ عــــام

يجب أن يفى الغطاء الخرسـانى للكـابلات المتماسكـة بالتوصيـات الخاصـة المذكـورة بـالبندين (٤-٣-٢-٣) و (٩-٧) وذلـك بالإضافـة إلـى الاشـتراطات المذكـورة بالبند (١٠-٥-٣-١-٢) والخاصـة بحماية صلب التسليح من الصـدأ والبنـد (١٠-٥-٣-١-٣) والخاص بوقاية صلب التسليح من الحريق وكذلك المتطلبات المبينة فى شكل (١٠-٦).

وعادة لا تحتاج نهايات الكابلات المستخدمة فى الأنظمة ذات الشد المسبق إلـى وجـود غطاء بل قد يفضل قطعها فى نفس مستوى نهاية العنصر الخرسانى و دهانها بدهان عازل ضـد الصدأ.

١٠-٥-٣-١-٢ الغطاء الخرسانى للوقاية من الصدأ

يؤخذ فى الاعتبار فى تحديد الغطاء الخرسانى اللازم لوقاية الصلب من الصدأ الظروف التى سيتعرض لها المنشأ الخرسانى طبقاً للجدول (٤-١١) وكذا سمك الغطاء الخرسانى ومحددات الخلطة الموضحة بالجدول (١٠-٧). وتسرى أيضا التوصيات الخاصة بمواد الخرسانة والخلطات الموضحة بالباب الثانى من الكود الخاص بمواد الخرسانة المسلحة على البيانات الواردة بالجدول (١٠-٧) وكذا الاشتراطات الخاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد بالبند (١٠-٢) مع مراعاة ألا يقل محتوى الأسمنت بالخلطة عن ٣٥٠ كجم للمتر المكعب من الخرسانة، مع مراعاة متطلبات جدول (٢-١٢).

جدول (١٠-٧) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرسانى*

أقل رتبة للخرسانة f_{cu} (ن/مم٢)		35 أو أقل	40	45	أكبر من أو يساوى 50
		سمك الغطاء الخرسانى (مم)			
ظروف التعرض**	القسم الأول	25	25	25	25
	القسم الثانى	–	40	30	30
	القسم الثالث	–	50	40	40
	القسم الرابع	–	–	60	50
أكبر نسبة مياه حرة / أسمنت		0.50	0.45	0.40	0.35
أقل محتوى أسمنت (كجم/ م٣ خرسانة)		350	400	425	450

* هذا الجدول يفترض استخدام ركام ذى وزن عادى ومقاس اعتبارى أكبر ٢٠ مم .
** تؤخذ ظروف التعرض طبقا لجدول (٤-١١).

١٠-٥-٣-١-٣ الغطاء اللازم للوقاية من الحريق

يؤخذ بالتوصيات الخاصة بالباب الثانى جدول (٢-١٣) لحماية المنشآت من الحريق وكذلك ما ورد بكود الحريق على أن يراعى القيم المذكورة بالجدول (١٠-٨) كحد أدنى.

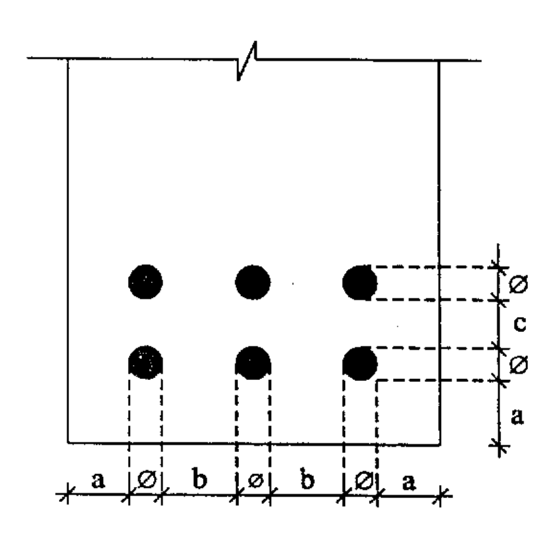
جدول (١٠-٨) الغطاء الخرسانى للصلب طبقا للفترات المطلوبة للوقاية من الحريق *

الفترة المطلوبة للوقاية من الحريق (بالساعة)	الغطاء الخرسانى (مم)					
	الكمرات		البلاطات		الأعصاب Ribs	
	بسيطة الارتكاز	مستمرة	بسيطة الارتكاز	مستمرة	بسيطة الارتكاز	مستمرة
0.50	25	25	25	25	25	25
1.00	25	25	25	25	35	30
1.50	35	30	30	25	45	35
2.00	60	35	40	35	55	45
3.00	70	60	55	45	65	55
4.00	80	70	65	55	75	65

* فى حالة زيادة سمك الغطاء الخرسانى عن ٤٥ مم توخذ الاحتياطات اللازمة لمنع انفصال الغطاء الخرسانى ويكون ذلك بتقليل انكماش الخلطة الخرسانية وحساب عرض الشروخ بحيث لا يزيد عن المسموح به طبقا للظروف المحيطة بالمنشأ.

١٠-٥-٣-٢ الغطاء الخرسانى للأجربه المستقيمة (الغير منحنية)

يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى مقاسا من الحد الخارجى للأجربة عن ٥٠ مم، أو قيمة الغطاء الخرسانى المذكور فى البند (١٠-٥-٣-١) والجدول (١٠-٧) والجدول (١٠-٨) مضاف إليه قطر الكانة، أو المبين بالشكل (١٠-٧) و الشكل (١٠-٨) أيهم أكبر على أن يراعى أن تؤخذ الاحتياطات الكافية لأن تكون الخرسانة المكونة للغطاء كثيفة بدرجة كافية وبالنسبة للكابلات المنحنية يراعى أيضاً متطلبات البند (١٠-٥-٥).



$2.5\ \phi \leq a$

≥ غطاء الخرسانة الأدنى + قطر الكانة

$b \leq$ المقاس الاعتبار الأكبر للركام + ٥ ملليمتر

$\leq 2\ \phi$

≥ ٢٠ ملليمتر

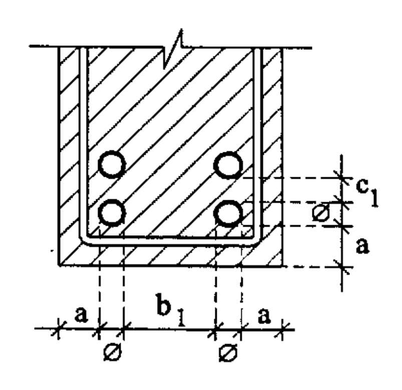
c ≥ المقاس الاعتباري الأكبر للركام

$\leq 2\ \phi$

≥ ١٠ ملليمتر

كما يجب أيضاً ألا تقل المسافات a ، b ، c عن القيم المنصوص عليها من قبل الشركات المنتجة للكابلات.

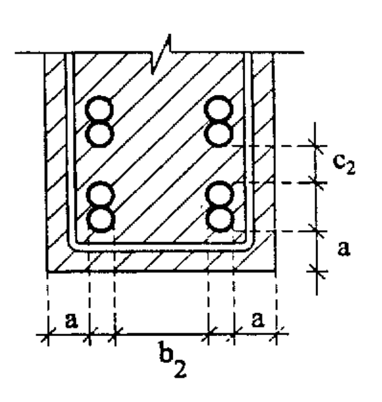
شكل (١٠-٦) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين الأسلاك أو الجدائل فى نظام الشد السابق

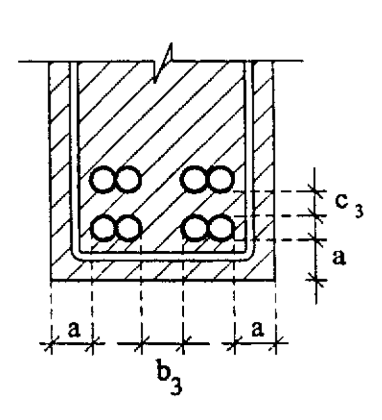


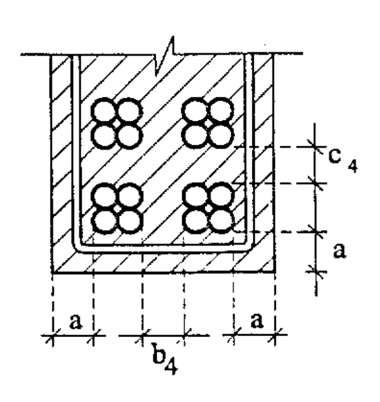
a ≤ غطاء الخرسانة الأدنى بند (١٠-٥-٣-١) + قطر الكانة
≤ قطر الجراب φ فى حالة φ ≥ ٨٠ ملليمتر
≤ ٠,٧٥ قطر الجراب φ فى حالة φ > ١٢٠ ملليمتر
≤ ٥٠ ملليمتر

b_1 ≤ قطر الجراب أو ٤٠ ملليمتر
c_1 ≤ قطر الجراب أو ٥٠ ملليمتر

شكل (١٠-٧) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات فى نظام الشد اللاحق (كابلات منفردة)







a ≤ مثل المبين فى شكل (١٠-٧)
b_2 ≤ ١,٥ قطر الجراب
c_2 ≤ ١,٢ قطر الجراب
يراعى أن تكون φ ≥ ١٠٠ ملليمتر

a ≤ ١,٥ قطر الجراب
b_3 ≤ ١,٥ قطر الجراب
c_3 ≤ ١,٢ قطر الجراب
يراعى أن تكون φ ≥ ٥٠ ملليمتر

a ≤ ١,٥ قطر الجراب
b_4 ≤ ١,٥ قطر الجراب
c_4 ≤ ١,٢ قطر الجراب
يراعى أن تكون φ ≥ ٥٠ ملليمتر

يراعى أيضاً متطلبات جدول (١٠-٩)، (١٠-١٠)

ملحوظة : المقصود بقطر الجراب هو قطر الجراب للكابل الواحد .

شكل (١٠-٨) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات فى نظام الشد اللاحق(كابلات مجمعة)

١٠-٥-٣-٣ الكابلات الخارجية External Tendons

فى حالة حماية الكابلات الخارجية بغطاء خرسانى يجب أن تكون الخرسانة كثيفة ذات إجهاد لا يقل عن ٤٠ نيوتن /مم٢ وأن تضاف تباعا و ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى فى هذه الحالة عن السمك المحدد للغطاء فى حالة وجود الكابلات داخل القطاع الخرسانى الإنشائي فى ظروف مماثلة وأن يتم ربط الغطاء الخرسانى باستخدام صلب تسليح بالعنصر السابق الإجهاد مع التحقق من التحكم فى الشروخ طبقا للمتطلبات المذكورة بالباب الرابع.

١٠-٥-٤ المسافة بين كابلات سبق الإجهاد

١٠-٥-٤-١ عـــام

يجب أن تحقق المسافة بين الكابلات أو بين مجموعات الكابلات الاشتراطات الآتية على ألا تقل بأى حال من الأحوال عما هو منصوص عليه من قبل الشركات المنتجة لها.

١٠-٥-٤-٢ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد السابق Pre-tensioning

تُحدد المسافة بين الكابلات طبقاً للشكل (١٠-٦). وفى حالة العناصر التى يتم فيها تنفيذ الشد قبل الصب (Pre-tensioned) والتى يتماسك فيها الصلب مع الخرسانة بطريق الربط (Bonded tendons) فإن المسافة بين الأسياخ (Wires) أو الجدائل (Strands) عند النهايات يجب أن تحقق ما جاء بالبندين (١٠-٣-٣-٢) و(١٠-٣-٣-٥). فإذا كانت هذه الكابلات موضوعة في مجموعتين أو أكثر متباعدة عن بعضها البعض يجب أن يؤخذ في الاعتبار إمكانية حدوث انفلاق طولى (Longitudinal splitting) فى العنصر الإنشائي ويضاف تسليح وكانات لمنع حدوث ذلك الانفلاق .

١٠-٥-٤-٣ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد اللاحق Post-tensioning

يجب ألا تقل المسافة الصافية بين الأجربة أو بين الأجربة والكابلات الأخرى طبقاً للشكلين (١٠-٧) و (١٠-٨) عن القيم الآتية أيها أكبر:

أ - المقاس الاعتبارى الأكبر للركام مضافاً اليه ٥ مم

ب - في الإتجاه الرأسى : البعد الداخلى الرأسى للجراب

جـ - في الإتجاه الأفقى : البعد الداخلى الأفقى للجراب

مع مراعاة وجود مسافة كافية بين الأجربة للسماح بتحرك الهزازات الداخلية في حالة استخدامها واذا تطلب الامر وجود صفين أو أكثر من الأجربة تكون الفجوة بين الأجربة متصلة رأسيا بقدر الإمكان لتسهيل أعمال الإنشاء. مع مراعاة الاشتراطات الإضافية الخاصة بالكابلات المنحنية المذكورة بالبند (١٠-٥-٥). وبالنسبة للبلاطات يراعى أيضاً متطلبات البند (١٠-٤-٣-٦).

١٠-٥-٥ الكابلات المنحنية

١٠-٥-٥-١ عام

اذا ما استخدمت كابلات منحنية في تنفيذ سبق الإجهاد اللاحق (Post-tensioning) تحدد أماكن أجربة الكابلات بإحداثياتها فى الأبعاد الثلاثة، وكذا يحدد توالى أجراء الشد للكابلات بحيث يمكن تجنب ما يلى:

أ - تفتت الغطاء الخرسانى الجانبى عموديا على مستوى انحناء الأجربة.

ب - تفتت الغطاء في مستوى انحناء الأجربة.

جـ - كسر للخرسانه الفاصلة بين الأجربة في ذات مستوى الانحناء وعمودى عليها.

وبالإضافة الى ذلك يتم الالتزام بالاشتراطات المذكورة بالبندين (١٠-٥-٥-٢)، (١٠-٥-٥-٣) التاليين على أن لا يقل سمك الغطاء الخرسانى و المسافة بين الكابلات عن تلك المبينة بالبندين (١٠-٥-٣) و (١٠-٥-٤).

١٠-٥-٥-٢ الغطاء الخرسانى

لتجنب حدوث كسر للغطاء الخرسانى عموديا على مستوى انحناء الكابلات وفى مستواها فإن سمك الغطاء يجب أن يتم اختياره طبقا للجدول (١٠-٩) وفى هذه الحالة يراعى أن تمنع حركة الأجربة والتى قد ينتج عنها قوى قطرية (Radial forces) عمودية على السطح الظاهر للخرسانة بواسطة كانات مثبتة داخل العنصر الإنشائي.

١٠-٥-٥-٣ المسافة بين الأجربة

أ - يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة في مستوى انحناء الكابلات عن المسافة الموضحة بالجدول (١٠-١٠) أو المسافة المحددة طبقا للبند (١٠-٥-٤-٣) أيهما أكبر.

ب - يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة عموديا على مستوى انحناء الكابلات عن المسافة المحددة طبقا للبند (١٠-٥-٤-٣).

جدول (١٠-٩) الحد الأدنى للغطاء الخرساني للكابلات ذات الأجربة المنحنية مقاساً ناحية مركز الانحناء

نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلى للجراب (مم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10338	11248	13200
متر	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم
2	50	55	155	220	320	445										
4		50	70	100	145	205	265	350	420					أنصاف أقطار غير شائعة الاستخدام		
6			50	65	90	125	165	220	265	310	375	460				
8				55	75	95	115	150	185	220	270	330	360	395		
10				50	65	85	100	120	140	165	205	250	275	300	330	
12					60	75	90	110	125	145	165	200	215	240	260	315
14					55	70	85	100	.115	130	150	170	185	200	215	260
16					55	65	80	95	110	125	140	160	175	•190	205	225
18					50	65	75	90	105	115	135	150	165	180	190	215
20						60	70	85	100	110	125	145	155	170	180	205
22						55	70	80	95	105	120	140	150	160	175	195
24						55	65	80	90	100	115	130	145	155	165	185
26						50	65	75	85	100	110	125	135	150	160	180
28							60	75	85	95	105	120	130	145	155	170
30							60	70	80	90	105	120	130	140	150	165
32							55	70	80	90	100	115	125	135	145	160
34							55	65	75	85	100	110	120	130	140	155
36							55	65	75	85	95	105	115	125	140	150
38							50	60	70	80	90	105	115	125	135	150
40	50	50	50	50	50	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	145

ملاحظات:

(١) قوة الكابل المذكورة فى الجدول هى القوه القصوى التى توجد عادة بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة بالجدول (وهى مأخوذة بنسبة ٧٥% من المقاومة المميزة للكابل) .

(٢) اذا احتوى الجراب على قطاعات خاصة (Profilers) بين الكابلات أو مباعدات وكان استخدام هذه القطاعات أو المباعدات سيعمل على تركيز القوى القطرية فيجب زيادة القيم المذكورة بالجدول .

(٣) يمكن تخفيض قيمة الغطاء الموضحة مقابل القطر الداخلى للجراب ونصف قطر الانحناء الموضح بالجدول بنسبة الجذر التربيعي للقوة الموجودة بالكابل اذا كانت هذه القيمة أقل من القيمة المعطاة بالجدول بشرط تحقيق ما جاء بالبندين (١٠-٥-٣-١-٢) و (١٠-٥-٣-١-٣) .

جدول (١٠-١٠) أقل مسافة بين محاور الأجربة فى مستوى انحناء الأجربة المنحنية

نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلى للجراب (مم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10336	11248	13200
متر	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم
2	110	140	350	485	700	960								أنصاف أقطار		
4	55	70	175	245	350	480	610	785	940					غير شائعة		
6	38	60	120	165	235	320	410	525	630	730	870	1045		الاستخدام		
8			90	125	175	240	305	395	470	545	655	785	855	940		
10			80	100	140	195	245	315	375	440	525	630	685	750	815	
12						160	205	265	315	365	435	525	570	625	680	800
14						140	175	225	270	315	375	450	490	535	585	785
16							160	195	235	275	330	395	430	470	510	600
18								180	210	245	290	350	380	420	455	535
20									200	220	265	315	345	375	410	480
22											240	285	310	340	370	435
24												265	285	315	340	400
26												260	280	300	320	370
28																345
30																340
32																
34																
36																
38																
40	38	60	80	100	140	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340

ملاحظات:

(١) قوة الكابل المذكورة بالجدول هى القوة القصوى التى توجد بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة (وهى مأخوذة بنسبة ٧٥% من المقاومة المميزة للكابل)

(٢) يراعى ألا تقل المسافة بين الأجربة عن ضعف القطر الداخلى للجراب .

(٣) اذا احتوى الجراب على قطاعات خاصة بين الكابلات (Profilers) أو مباعدات وكانت هذه القطاعات أو المباعدات ستعمل على تركيز القوى القطرية (Radial forces) فيجب زيادة القيم المذكورة بالجدول وإذا دعت الضرورة يوضع صلب تسليح بين الأجربة .

(٤) يمكن تخفيض المسافة الموضحة مقابل القطر الداخلى للجراب ونصف القطر الموضح بالجدول بنسبة القوى الموجودة بالكابل اذا كانت أقل من القيمة بالجدول بشرط تحقيق ما جاء بالبند (١٠-٥-٤-٣).

١٠-٥-٥-٤ تخفيض المسافة بين الأجربة

يمكن تخفيض المسافة بين الأجربة عما هو مذكور بـالبند (١٠-٥-٥-٣) في بعض الحالات الاستثنائية وطبقا لموافقة المهندس المصمم اذا تم شد وحقن الكابل ذى نصف القطر الأقل أولا ثم بعد مرور ٤٨ ساعة من حقن هذا الكابل يتم شد وحقن الكابل الذى يليه فى القطر.

١٠-٥-٦ منطقة ألواح التثبيت Tendon Anchorage Zone

يوضح الشكل (١٠-٩) الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين ألواح التثبيت.

١٠-٥-٧ مقاسات الأجربة Duct Sizes

يجب أن يزيد القطر الداخلى للجراب بمقدار ٦ مم على قطر الكابل على الاقل ، وذلك فى حالة استخدام كابل واحد داخل الجراب - وألا تقل مساحة فراغ الجراب عن ضعف مساحة مقطع مجموعة الكابلات داخل الجراب (ويفضل مرتان ونصف). ويوضح الجدول (١٠-١١) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة. ويراعى بالنسبة لأجربة الكابلات المستخدمة فى نظام الشد اللاحق وجود مسافة مستقيمة بطول ٥٠ سم على الأقل قبل بدء الانحناء فى الجراب.

١٠-٥-٨ وثائق التنفيذ

١٠-٥-٨-١ تقديم وثائق التنفيذ

يقدم المقاول وثائق التنفيذ التى سيتم العمل بموجبها للمهندس المصمم قبل بدء العمل بوقت كاف لمراجعتها واعتمادها مع مراعاة أن موافقة المهندس المصمم أو المهندس المراجع على هذه الرسومات لا تعفى المقاول من مسئوليته عن إعدادها.

١٠-٥-٨-٢ المستندات التى تشمل وثائق التنفيذ

تشتمل وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند السابق على مايلى : -

أ - التفاصيل الكاملة للنظام المستخدم شاملة مواصفات الكابلات المستخدمة والأربطة (Anchors) والأجربة (Ducts) والمعدات المستخدمة وطريقة شد الكابلات وإجهادات التشغيل (Working stresses) وإجهادات الربط (Anchoring stresses) واستطالة الكابلات تحت الأحمال نتيجة الشد.

التعريف بالرموز :

E = البعد الأصغر للوح التثبيت من كتالوج الشركة المنتجة

D = البعد الأكبر للوح التثبيت من كتالوج الشركة المنتجة

a_o = أقل مسافة مسموح بها بين محاور ألواح التثبيت (تؤخذ من كتالوجات الشركة المنتجة)

$a_o \ge$ (D or E) + ٣٠ ملليمتر

b_o = أقل مسافة مسموح بها بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة (تؤخذ من كتالوجات الشركة المنتجة)

a = المسافة الأفقية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت

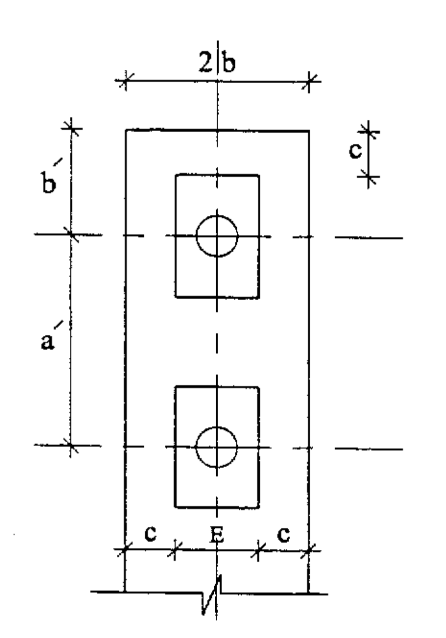
b = المسافة الأفقية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة

a' = المسافة الرأسية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت

b' = المسافة الرأسية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة

c = المسافة بين حد لوح التثبيت وحد الخرسانة (مبينة بالجدول التالى):

ألواح تثبيت موزعة على عدة خطوط أفقية ورأسية



ألواح تثبيت موزعة على خط رأسى واحد

يراعى أن :

$a_o \le a'$ ، $a_o \le a$

$b_o \le b'$ ، $b_o \le b$

$1.6\ b_o^2 \le b\,a'$

$1.6\ b_o^2 \le b'\,a$

$\dfrac{1.5 \times \text{قوة الشد الأصلية}}{f_{cu}} \le aa'$

يراعى أن :

$1.5\ b_o \le b'$

$\dfrac{\text{قوة الشد الأصلية}}{f_{cu}} \le 2ba'$

$1.6\ b_o^2 \le b\,a'$

قوة الشد الأصلية (كيلو نيوتن)	500	1000 - 500	3000 - 1500	4000 - 3000	4000 <
المسافة c ملليمتر	30	50	70	80	100

شكل (١٠-٩) المسافات بين ألواح التثبيت

جدول (١٠-١١) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة *

نوع صلب سبق الإجهاد	عدد الأسلاك أو الجدائل المكونة للكابل	أجربة رفيعة من الصلب المعرج **		أجربة جاسئة من الصلب *** ، ****	
		القطر الداخلي مم	السمك مم	القطر الداخلي مم	السمك مم
أسلاك قطر ٧ مم	9	40	0.4	—	—
	14	46	0.4	—	—
	18	50	0.4	—	—
	22	60	0.4	—	—
	30	65	0.4	76	2
	54	90	0.6	89	2
	84	110	0.6	108	2
جدائل قطر اسمي ١٢,٥مم أو ١٢,٩ مم	7	50	0.4	55	2
	12	65	0.4	76	2
	18	80	0.6	84	2
	31	105	0.6	108	2
	55	140	0.6	139	2
جدائل قطر اسمي ١٥,٢مم أو ١٥,٧ مم	5	50	0.4	55	2
	8	65	0.4	76	2
	12	80	0.6	84	2
	19	95	0.6	101	2
	37	130	0.6	139	2

* فى الحالات الغير مذكورة بالجدول ، يؤخذ أقرب قيمة مكافئة

** لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ١٠٠ مرة القطر الداخلى أو القيمة المحددة من قبل الشركة المنتجة أيهما أكبر

*** لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ثلاثة أمتار – تستخدم فى الحالات الخاصة للكابلات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة أو لأجربة الكابلات الخارجية (External tendons)

**** فى حالة استخدام أجربة من البلاستيك ، يكون القطر الداخلى للأجربة مثل المبين فى هذا الجدول . وسمك الجراب لا يقل عن ٣ مم .

ب- الحسابات الإنشائية التى قام بإعدادها المقاول بناء على النظام الذى سيتبعه مع توضيح أي اختلافات بين التصميم المبدئي المقدم من المهندس المصمم والتصميم المقدم منه من حيث أبعاد القطاعات الخرسانية وأعداد الكابلات ومواقعها وكذا صلب التسليح مع مراعاة أن تكون الحسابات المقدمة مكتوبة بطريقة واضحة مع بيان بنود الكود التى بنى التصميم على أساسها.

جـ- الرسومات التنفيذية يجب أن تكون بمقياس رسم مناسب وكاف لإيضاح جميع التفاصيل اللازمة للتنفيذ ، مع بيان جميع الكابلات وأنواعها ومواقعها بوضوح ، وكذلك احداثياتها فى الأبعاد الثلاثة (منسوبة إلى مركز قطاع الكابلات) بالإضافة إلى مواقع ومواصفات ألواح التثبيت والربط وتفاصيل شاملة لصلب التسليح والقطاع الخرسانى مع إظهار مواقع أي أجزاء أخرى قد تكون موجودة بالقطاع الخرسانى فى كامل طول العنصر وفى مناطق التثبيت مثل الركائز أو الجوايط بحيث تحقق هذه الرسومات عدم وجود أي تعارض بين مسارات ومواقع هذه الأجزاء. ويجب بيان قيم معاملات الاحتكاك μ, k المستخدمة فى التصميم على اللوحات.

١٠-٦ التفتيش و ضبط الجودة

يجب تطبيق ما جاء بالباب الثامن على أعمال الخرسانة سابقة الإجهاد مع الاهتمام بجودة الخرسانة شاملة مقاومتها عند نقل قوة سبق الإجهاد وجودة صلب التسليح والتحقق من قوة سبق الإجهاد والتحقق من جودة الحقن وكذلك من جودة المعالجة بالبخار إن وجدت والأمان خلال التنفيذ مثل عملية شد الكابلات ويجب وضع البنود الإضافية التالية في الاعتبار.

١٠-٦-١ جودة الخرسانة

أ - يتم صب عدد كاف من المكعبات لإجراء اختبار مقاومة الضغط عند نقل قوة سبق الإجهاد وللتحقق من المقاومة المميزة وعند الأزمنة التي يطلبها المهندس الاستشاري. وتؤخذ العينات من كل يوم صب أو عند اختلاف العنصر وبما لا يزيد على ١٠٠م^3 خرسانة في فترات متصلة من العمل.

ب - يتم اختبار مقاومة الضغط طبقاً للمواصفات القياسية قبل البدء في شد الكابلات ويجب أن تحقق نتائج الاختبارات مقاومة الضغط المطلوبة عند نقل قوة سبق الإجهاد ويجب ألا تقل نتيجة أي اختبار عن ٨٥% من مقاومة الضغط المطلوبة . وإذا لم تتحقق المقاومة المطلوبة يجب الانتظار لحين اختبار مقاومة الضغط في وقت لاحق.

جـ - تعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة عند التحميل أثناء التنفيذ إذا تحققت الشروط الواردة بالبند (٨-٧-٢) وكان عدد الاختبارات التي نتائجها أقل من المقاومة المميزة بـ ٤ نيوتن/مم^{2} لا تزيد على اختبار واحد لكل مائة اختبار.

١٠-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة لمونة الحقن

أ - تُطبق خطوات واشتراطات ضبط الجودة على مواد مونة الحقن من أسمنت ومواد مالئة وإضافات وماء ويتم إجراء اختبار القوام على المونة الطازجة خلال اليوم الواحد على فترات مناسبة لا تقل عن ٣ مرات ويتم الفحص البصري الدائم للقوام خلال اليوم.

ب - يتم إجراء اختبار مقاومة الضغط للمونة طبقاً للمواصفات القياسية ويتم أخذ العينات على فترات مناسبة خلال اليوم وعند اختلاف العنصر الذي يتم فيه الحقن.

جـ - يجب أن تحقق مقاومة ضغط المونة المقاومة المطلوبة وبحيث لا تقل نتيجة أى اختبار عن ٨٥% من المقاومة المطلوبة.

١٠-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة لصلب سبق الإجهاد

بجانب شهادات الاختبار والتفتيش المصاحبة لصلب سبق الإجهاد يجب إجراء اختبارات ضبط الجودة لذلك الصلب ويتم التأكد من تحقيقه لحدود المواصفات القياسية العالمية التي تم تصنيعه بناء عليها . ويجب التفتيش على الأسلاك والجدائل بعد فردها وفكها من البكرات التي تورد ملفوفة عليها بحيث تكون مستقيمة وخالية من التشوه والانحناء وقبل الاستخدام يتم استبعاد أي صلب به نُقر(Pits) ويجب أن يكون الصلب خالي من المواد العالقة من أتربة أو زيوت وكذلك تكون خالية من الصدأ . إذا ترك صلب سبق الإجهاد في الأجربة بدون إجهاد لفترة أكثر من خمسة أسابيع يعاد فحص الصلب مرة أخرى حتى لا يكون قد تعرض لظهور صدأ.

١٠-٦-٤ التفتيش على الأجربة والكابلات

أ - يجب التفتيش على الأجربة عند توريدها واستبعاد أية أجربة بها اختناقات أو حدث بها ثقوب لأي سبب من الأسباب ثم يتم التفتيش عليها بعد تركيبها في أماكنها كما جاءت بالرسومات والتفتيش على قوة وصلابة ركائز الأجربة. ويتم التفتيش على العزل الجيد للأجربة عند الأطراف وعند الوصلات حتى لا تدخل المونة وتؤثر على شد الكابلات. ويجب التأكد من عدم حدوث انسداد بالأجربة و ذلك بضخ هواء مضغوط لا يزيد ضغطه

على ٢ نيوتن/مم٢ للأجربة الأفقية و ١ نيوتن/مم٢ للأجربة الرأسية مع مراقبة ضغط الهواء.

ب – يجب التأكد أن كل كابل قد تم شده بالتدريج وبانتظام بالقوة التصميمية المطلوبة ويتم ذلك عن طريق تحديد الاستطالة الحقيقية في الموقع للكابل ومقارنتها بالاستطالة المحسوبة ويجب أخذ أي زحزحة في الروابط الطرفية للكابلات في الاعتبار ويجب ألا تزيد دقة قراءة الاستطالة عن ٢ مم كما يجب قياس قوة الشد في أحد الأطراف عن طريق أحد الأجهزة المعايرة (ودقة القراءة لا تزيد على ١,٥%).

جـ – في الأعضاء القصيرة أو فى حالة استخدام جدائل ذات عدد أسلاك أكبر من أو يساوى ١٩ يفضل التحقق من قوة الشد فى الكابلات باستخدام مقياس القوة.

١٠-٦-٥ معايرة المعدات الخاصة بشد الكابلات

يتم معايرة أجهزة قياس الاستطالة وأجهزة قياس قوة شد الكابلات قبل الاستخدام ويعاد معايرتها كل ٦ شهور في الظروف الطبيعية أو أقل طبقاً لطلب المهندس الاستشاري. ويجب ألا يزيد الخطأ فى دقة تلك الأجهزة أو جهاز المعايرة عن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية المصرية لأجهزة القياس.

١٠-٦-٦ التفتيش على العنصر الخرسانى بعد نقل القوة ونقل العنصر

أ – يتم التأكد من عدم حدوث أى تشوهات أو شروخ بالعنصر الخرسانى بعد نقل القوة ويتم قياس أقصى تحدب (Camber) حدث بالعنصر ومقارنته بالحدود المسموح بها.

ب – فى حالة العناصر سابقة الصب يتم التأكد من عدم حدوث أى تشوهات أو شروخ بالعنصر بعد نقله إلى مكانه بالمنشأ وكذلك يجب التفتيش على الوصلات بين العنصر سابق الإجهاد والعناصر المتصلة به و/أو الحاملة له.

١٠-٦-٧ اختبار القلب الخرسانى

في الحالات التي لا تفي نتائج اختبارات مقاومة الضغط بالمقاومة المطلوبة أو في حالة الشك في مقاومة عنصر من العناصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبار يمكن أن تؤخذ منه قلوب خرسانية ويتم إعدادها واختبارها طبقاً للمواصفات القياسية المصرية وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة لعدد ثلاث قلوب على الأقل لا يقل عن ٨٠% من المقاومة

المطلوبة وبشرط ألا تقل هذه المقاومة المحسوبة لأى عينة قلب خرسانى عن ٧٥% من المقاومة المطلوبة.

١٠-٦- ٨ اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

يسرى ما جاء في البند (٨-٧-٧) على المنشآت والعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد.

١٠-٧ التنفيـــذ

١٠-٧-١ عـــــــــام

١٠-٧-١-١ يرجع إلى الباب التاسع بالإضافة إلى الاشتراطات المذكورة فى هذا الباب.

١٠-٧-١-٢ يجب أن يقوم بالتنفيذ مقاول ذو خبرة كافية بالنظام المستخدم لتنفيذ سبق الإجهاد بالخرسانة وأن تعتمد خبرته من جهة الأشراف ومن المصمم قبل إسناد الأعمال إليه.

١٠-٧-١-٣ يقدم المقاول وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند (١٠-٥-٨) ويتم التنفيذ طبقا لهذه الوثائق بعد اعتمادها من جهة الأشراف ومن المصمم.

١٠-٧-١-٤ يجب أن تطابق المواد المستخدمة في التنفيذ المواصفات المذكورة بالباب الثانى وان يتم اختبارها قبل التنفيذ ودوريا طبقا للاشتراطات المذكورة بالباب الثامن والتاسع.

١٠-٧-١-٥ تُقدم قبل التنفيذ للاعتماد من المهندس جهة الإشراف والمهندس المصمم كل من:

أ – شهادة اعتماد نظام سبق الإجهاد المستخدم من الجهات المسئولة والمعتمدة (شهادة منشأ).

ب – شهادات الخبرة الخاصة بالقائمين على الأعمال.

١٠-٧-٢ برنامج سبق الإجهاد

١٠-٧-٢-١ يجب ألا يتم تنفيذ سبق الإجهاد إلا بعد أن تحقق الخرسانة مقاومة ضغط كافية لتحمل القوى المؤثرة عليها بأمان مع الأخذ في الاعتبار مواضع تأثير هذه القوى. ويوضح الجدول (١٠-١٢) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة فى الضغط المسموح

به عند إجراء سبق الإجهاد. مع مراعاة حساب إجهادات الضغط والشد في الخرسانة وأن لا تزيد على الحدود المسموح بها في البند (١٠-٣).

جدول (١٠-١٢) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة فى الضغط عند إجراء سبق الإجهاد

رتبة الخرسانة	الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة نيوتن / مم٢
30	26
35	30
40	34
45	38
50	42
55	46
60	51

١٠-٧-٢-٢ ينفذ سبق الإجهاد طبقا لبرنامج يوضح تتابع إجراء سبق الإجهاد بالكابلات بالإضافة الى البيانات الخاصة بقيمة الإجهاد واتجاهه ومكانه مع التأكد من تحقيق مقاومة الضغط المطلوبة للخرسانة وقيمة معاملات الاحتكاك والزحزحة والأوقات المحددة لفك الشدات، ويقدم المقاول هذا البرنامج قبل إجراء عمليات الشد.

١٠-٧-٢-٣ يراعى في وضع برنامج شد الكابلات عدم تعرض القطاع الخرسانى لأحمال تفوق مقاومته.

١٠-٧-٢-٤ فى بعض الحالات الخاصة قد يوصى بتنفيذ سبق الإجهاد مبكرا على مراحل لتجنب حدوث شروخ تنشأ من انكماش الخرسانة أو تأثير حرارة الجو بشرط وصول مقاومة الخرسانة إلى ٧٥ % من القيمة المذكورة بالبند (١٠-٧-٢-١) والتأكد من ذلك بإجراء اختبار الضغط القياسي للخرسانة مع مراعاة ألا تزيد قوى سبق الإجهاد المؤثرة على أي من الكابلات على ٣٠ % من الإجهادات المسموح بها وألا تزيد الإجهادات الواقعة على الخرسانة على القيمة $0.45f_{cui}$ المذكورة بالجدول (١٠-٣) حيث f_{cui} هي المقاومة المميزة للمكعبات فى الضغط التى تم اختبارها فى تاريخ الاختبار فإذا زادت نتيجة الاختبار على هذه القيمة يمكن زيادة الإجهاد المسموح به على الخرسانة بالقياس خطيا.

١٠-٧-٢-٥ في حالة تنفيذ سبق الإجهاد على مراحل تؤخذ في الاعتبار الفواقد التى تحدث في الإجهاد حتى سبق الإجهاد النهائى اثناء التنفيذ.

١٠-٧-٣ الكابلات

١٠-٧-٣-١ تُتخذ كافة الاحتياطات لمنع تلف الكابلات أثناء التخزين أو النقل ولذا يجب تخزينها بعيدا عن سطح الأرض وحمايتها من الجو والرطوبة ومن أى آثار لمواد أخرى قد تتفاعل معها وتسبب ضرراً ومن الشرر المتطاير من عمليات اللحام بالأوكسى أستلين أو بالقوس الكهربى في منطقة العمل. ويراعى أن تكون المواد المستعملة في التغليف الواقى للكابلات متعادلة كيميائيا وأن تتوفر الحماية الكافية لأطراف الكابلات.

١٠-٧-٣-٢ يجب ألا تُجرى أي عمليات للحام أو المعالجة الحرارية أو المعدنية كالجلفنة على الكابلات وذلك دون الإخلال بالبند (١٠-٧-٣-٥) الخاص بالقطع.

١٠-٧-٣- ٣ يجب أن يكون السطح الخارجى للكابلات والأسطح الداخلية والخارجية للأجربة خالية من الصدأ والأتربة والزيوت والدهانات والشحوم وأي مواد ضارة بالمنشأ.

١٠-٧-٣-٤ تورد الأسلاك والجدائل في حالة تضمن استقامتها عند فردها وإذا تطلب الأمر اتخاذ أية إجراءات بسيطة لفردها في الموقع فيجب أن يتم ذلك تحت إشراف هندسي. كما يجب أن تكون الأسياخ مستقيمة فإذا وجدت بها إلتواءات بسيطة يمكن فردها بالموقع يدويا وتحت إشراف هندسي مع مراعاة عدم استخدام الأسياخ التى بها التواء بالطرف المقلوظ وفى جميع الأحوال يتم فردها على البارد.

١٠-٧-٣-٥ يتم تنفيذ عمليات قطع الكابلات للطول المطلوب وتسوية أطرافها بإحدى الطرق الآتية:

١ – بواسطة عجلة القطع بالتآكل ذات السرعة العالية أو بواسطة منشار احتكاك أو بأى طريقة ميكانيكية أخرى معتمدة .

٢ – بواسطة لهب أوكسى أستلين وباستعمال مقدار زائد من الأكسجين لضمان حدوث عمليه القطع بدون حدوث انصهار للمعدن وفى هذه الحالة يجب ألا يلمس اللهب أو الشرر المتطاير رؤوس التثبيت أو كابلات سبق الإجهاد الأخرى.

١٠-٧-٣-٦ يجب ألا تُستخدم الوصلات (Couplers) إلا فى المواضع المشار إليها بالرسومات أو المعتمدة من المهندس المصمم ، و لا يُسمح بعمل وصلات فى أكثر من ٥٠% من الكابلات عند القطاع الواحد ، بالإضافة إلى ذلك لا يُسمح بعمل وصلات أخرى (للكابلات غير الموصولة) إلا بعد مسافة أكبر من ١,٥ متر بالنسبة للكمرات ذات الارتفاع أقل من ٢ متر أو مسافة أكبر من ثلاثة أمتار بالنسبة للكمرات ذات ارتفاع أكبر من ٢ متر ، ويجب أن تُختار الوصلات بحيث تحقق المقاومة القصوى المنصوص عليها لصلب سبق الإجهاد دون أن تتعدى التشكل (Deformation) المتوقع للوصلة (Coupler) أو لصلب سبق الإجهاد، ويجب ألا تتسبب الوصلات فى إنقاص ممطولية الكابلات وأن توضع فى أجربة تسمح بالحركة أثناء إجراء الشد وأن تُزود بوسائل تسمح بالحقن الكامل لكل مكونات الوصلة.

١٠-٧-٤ تثبيت كابلات سبق الإجهاد والأجربة في مواضعها

١٠-٧-٤-١ تُثبت كابلات سبق الإجهاد والأجربة بدقة في المواضع المحددة بالرسومات بحيث لا يزيد السماح في موضع أي كابل أو جراب أو مكون الجراب (Duct former) عن ± ٥ مم. فى حالة البلاطات والقطاعات ذات السمك الصغير لا يزيد السماح عن ± ٢ مم.

١٠-٧-٤-٢ يتم ارتكاز وتثبيت الكابلات (أو الأجربة أو مكوناتها) بطريقة تمنع زحزحتها عن مكانها نتيجة الاهتزاز الزائد أو طويل الأمد أو وزن الخرسانة أثناء صبها أو حركة العمال أو حركة الإنشاء ويراعى ألا ينتج عن طريقة التثبيت زيادة فى الاحتكاك بين الكابلات أثناء الشد.

١٠-٧-٤-٣ يراعى أن تكون وصلات الأجربة مقفلة بأمان بحيث تمنع تسرب الخرسانة أو المونة إليها كما يجب أن تقفل نهايات المجارى وأن تتم حمايتها بعد أن يتم الشد والحقن وتكون الوصلات فى الأجربة المتجاورة متباعدة بمقدار ٣٠٠ مم على الأقل.

١٠-٧-٤-٤ تزود الأجربة بفتحات للحقن فى جميع النقط المرتفعة إلا إذا كانت درجة التقوس بسيطة وكان الجراب مستويا ويوضح الجدول (١٠-١٣) الأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية.

جدول (١٠-١٣) الأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية*

نوع صلب سبق الإجهاد	عدد الأسلاك أو الجدائل المكونة للكابل	أقل قطر داخلى لمواسير الحقن والتهوية (مم)	
		مواسير الحقن	مواسير التهوية
أسلاك ٧ مم (7 mm wires)	9-30	20	20
	54	26	20
	84	33	26
جدائل (Strands) قطر اسمي ١٢,٥ مم أو ١٢,٩ مم	7	20	20
	12	20	20
	18	26	20
	31	33	26
	55	40	33
جدائل (Strands) قطر اسمي ١٥,٢ أو ١٥,٧ مم	5	20	20
	8	20	20
	12	26	20
	19	33	26
	37	40	33

* تستخدم القيم المذكورة بالجدول إذا كان طول الجراب المطلوب حقنه أقل من أو يساوى ١٢٠٠ مرة القطر الداخلى للجراب وفى حالة إذا كان الطول أكبر من ذلك تؤخذ مواسير الحقن والتهوية بالقيم التالية لها مباشرة (المناظرة للعدد الأكبر).

١٠-٧-٥ الشد

١٠-٧-٥-١ عام

١٠-٧-٥-١-١ يراعى بقدر الإمكان أن يتم اختيار الأسلاك (Wires) أو الجدائل (Strands) والتى سيتم شدها في عملية واحدة من شحنة واحدة ويجب أن يوضع بنهاية كل كابل ما يدل على رقم الشحنة ونوعها وعدد الأسلاك التى تحتويها ولا يسمح باستخدام الكابلات الملتوية أو الجدائل المفككة .

١٠-٧-٥-١-٢ تتخذ كافة الاحتياطات اللازمة قبل وبعد إجراء الشد لحماية الأشخاص والممتلكات والمعدات من أي إصابة أو تلف قد ينشأ نتيجة الانطلاق المفاجئ للطاقة المختزنة في الكابلات المشدودة بسبب خلل من أي نوع.

١٠-٧-٥-١-٣ عند استخدام روافع هيدروليكية في الشد بصفة عامة وفى جميع الأحوال يجب أن تتحقق الشروط الآتية :

١ – يجب أن تُثبت الكابل في جهاز الشد أو الرافعة بطريقه آمنة.

٢ – عند شد إثنين أو أكثر من الأسلاك أو الجدائل في نفس الوقت يجب أن تكون متساوية فى الطول من نقط التثبيت على محور التحميل ومقياس الاستطالة.

١٠-٧-٥-١-٤ يجب أن يكون جهاز الشد مصمما بحيث يمكن إجراء عملية الشد بقوة وبإحكام وبالتدريج وبدون حدوث إجهادات ثانوية فى الكابلات أو المثبتات أو الخرسانة.

١٠-٧-٥-١-٥ تقاس القوة بالكابلات أثناء الشد بطريقة مباشرة عن طريق قياس الحمل بقراءة قياسات أجهزة قياس الأحمال أو بطريقة غير مباشرة بقياس الضغط فى الروافع ويجب أن تتوفر الاجهزة اللازمة لقياس الاستطالة في الكابلات وأي تحرك في الكابلات خلال أجهزة التثبيت (Gripping devices) ، وأن يعاير قياس الحمل والاستطالة طبقا للاشتراطات الوارده بالبند(١٠-٦-٥).

١٠-٧-٥-٢ الشد السابق Pre-tensioning

١٠-٧-٥-٢-١ عند استخدام طريقة الشد السابق تُستخدم الوسائل اللازمة للمحافظة على قوة الشد بكاملها خلال الفترة ما بين إجراء الشد وانتقال القوة ويتم نقل الإجهاد ببطء نظرا لأن النقل المفاجئ يؤثر عكسيا على الطول الانتقالي.

١٠-٧-٥-٢-٢ فى حالة استخدام كابلات مستقيمة وعند استخدام الخطوط الطولية في إجراء سبق الإجهاد توضع قطع خاصة توزع خلال المجرى لضمان عدم زحزحة الكابلات عن مواضعها أثناء الصب . وإذا تطلب الأمر تصنيع عدد من الوحدات فى خط واحد فيكون من الضروري أن تسمح هذه القطع بتحرك الكابلات طوليا بحيث يمكن نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة خلال خط التصنيع بكامل طوله. وعند استخدام نظام القالب المفرد تكون القوالب ذات جساءة كافية بحيث يمكن نقل رد فعل قوة سبق الإجهاد بدون حدوث التواء بالقوالب.

١٠-٧-٥-٢-٣ فى حالة استخدام الكابلات الغير مستقيمة (Deflected tendons) وفى حالة الكابلات المفردة فإن قطع التثبيت المتصلة بالكابل يجب ألا يقل نصف

قطرها عن خمس مرات قطر الكابل للأسلاك أو عشر مرات قطر الكابل للجدائل وبحيث لا تتجاوز زاوية الانحناء (Angle of curvature) ١٥ درجة. كذلك يؤخذ في تحقيق نقل سبق الإجهاد للخرسانة القوى الناشئة عن إزالة تأثير تثبيت الكابلات من أعلى أو من اسفل بحيث لا تتجاوز أى إجهادات شد تنشأ عن ذلك بالخرسانة الحدود المسموح بها.

١٠-٧-٥-٣ الشد اللاحق Post-tensioning

١٠-٧-٥-٣-١ ترتيب الكابلات

١ – تُرتب الكابلات بحيث لا تمر في انحناءات حادة أو أركان مما قد يسبب كسرها عند الشد.

٢ – إذا لم يمكن إجراء سبق الإجهاد للأسلاك أو الجدائل في نفس الوقت يراعى أن تكون المباعدات بينها (عناصر حفظ المسافات – Spacing elements) على درجة من المتانة بحيث لا يمكن زحزحتها خلال عملية الشد المتوالية.

١٠-٧-٥-٣-٢ رؤوس التثبيت Anchorages

١ – يجب أن تطابق رؤوس التثبيت المواصفة العالمية المؤسس عليها النظام. و يراعى في تصميمها وطريقة تثبيتها أن تسمح بتوزيع الإجهادات الواقعة على الخرسانة توزيعا منتظما في نهاية العنصر الخرسانى وأن تحفظ قوة سبق الإجهاد مؤثرة تحت تأثير الأحمال الدائمة والمتغيرة والصدمات.

٢ – يتم اختيار رؤوس التثبيت من نوع الخابور المنقسم (Split wedge) والبرميل (Barrel type) من مواد وبطريقة بحيث لا يسمح الانفعال الحادث بالبرميل بتحرك الخوابير قبل أن تعطى هذه الخوابير القوة الجانبية (Lateral force) الكافية للإمساك بالكابل بثبات أو أن تسبب الخوابير وقوع قوه زائدة على الكابلات عند أو قبل الوصول إلى أقصى مشوار لتحركها.

٣ – تستخدم رؤوس التثبيت المناسبة للنظام المستخدم مع مراعاة الالتزام التام بتوصيات وتعليمات الجهة الصانعة فيما يختص بتركيبها في العناصر الخرسانية وضرورة تنظيف الأسطح الحاملة للرؤوس قبل إجراء الشد تدريجيا وبانتظام لتجنب حدوث إجهاد مفاجئ للكابل أو لرأس التثبيت.

٤ – يكون أي سماح في قيمة انزلاق الكابل خلال إجراء التثبيت مطابقا لتعليمات الجهة المشرفة مع تسجيل الانزلاق الفعلى (Actual slip) الذى يحدث لكل كابل على حدة وبعد تثبيت الكابل يتم تخفيض القوى التى تم التأثير بها بواسطة جهاز الشد.

٥ – تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية رؤوس التثبيت من الصدأ.

١٠-٧-٥-٣-٣ الكابلات الغير مستقيمة Deflected Tendons

يجب ألا يقل نصف قطر الانحناء للحامل (Deflector) المتصل بالكابل عن ٥٠ مرة قطر الكابل ولا تزيد زاوية تشكيل الكابل الكلية على ١٥ درجة فإذا قل نصف القطر عن ٥٠ مرة قطر الكابل أو تجاوزت زاوية تشكيل الكابل ١٥ درجة يجرى اختبار لحساب الفقد في القوة ويعمل التصحيح اللازم بناءا على نتائجه.

١٠-٧-٥-٣-٤ شد الكابلات

١ – قبل إجراء شد الكابلات يجب التأكد من حرية حركة الكابلات داخل الأجربة كما يجب التأكد من دقة وضع ألواح التثبيت ووجود الخوابير فى أماكنها وكفاءة التثبيت والتفتيش عليها من مهندس ذى خبرة فى إجراء أعمال شد الكابلات.

٢– يتم تنفيذ الشد بمعدل تدريجي منتظم ويؤخذ في الاعتبار أثناء التحميل الاحتكاك في الروافع وفى رؤوس التثبيت ويمكن عدم احتساب الاحتكاك فى الروافع فى حالة استخدام جهاز قياس القوى (Load cell).

٣ – يستمر التحميل حتى الوصول إلى الاستطالة و/أو إلى الحمل المطلوب بالكابل على أن يؤخذ في حساب الاستطالة أي انزلاق للكابل عند الطرف الأخر غير المتصل بماكينة الشد (Non jacking end) ولا يبدأ القياس إلا بعد التأكد من عدم وجود ترخيم بالكابل. ويجب أن تقارن القوة الموجودة بالكابل والمحسوبة من قياس الاستطالة بتلك المحددة بجهاز قياس القوه وألا يزيد الفرق بينهما عن ٦ % منسوبة إلى الأصغر من القوتين ، فإذا زاد الفرق عن هذه القيمة يتم إيقاف الشد وإبلاغ المهندس المصمم وجهاز الإشراف لعمل التصحيح اللازم.

٤ – تسجل جميع القراءات المأخوذة أثناء إجراء سبق الإجهاد – والتى يجب أن تشمل على الأقل قيمة قوى سبق الإجهاد واتجاهاتها ومكانها – في سجل خاص مع العناية بتدوين القراءات غير المنتظمة وإخطار المهندس المصمم وجهاز الإشراف بها لإجراء التصحيح

اللازم . فإذا تجاوزت قيمة الانحراف عن الإجهاد المطلوب نظريا ٥ % يخطر بذلك المهندس المصمم وجهاز الإشراف لإجراء التصحيح اللازم.

٥ – في حالة الكابلات المنحنية فى المستوى الأفقى أو الكابلات المكونة من عدد من الأجزاء أو الكابلات التى يتم إجهادها على مراحل فى المستوى الأفقي يحدد المهندس المصمم تتابع مراحل الشد وقيمة الأحمال لكل جزء من الكابل.

٦ – يجب وقاية الكابلات المشدودة ورؤوس التثبيت والأجربة من الصدأ خلال الفترة ما بين الإجهاد والتغطية بالحقن أو الخرسانة أو أى مواد أخرى كما يجب إغلاق نهايات الأجربة وفتحات التهوية.

١٠-٧-٦ وقاية الكابلات وحمايتها وربطها بالمنشأ الخرسانى باستخدام الحقن

١٠-٧-٦-١ عــــام

يلزم وقاية كابلات سبق الإجهاد من التلف والصدأ وكذا خطر الحريق وبالإضافة إلى ذلك يجب ربط الكابلات بالمنشأ باستخدام الحقن.

١٠-٧-٦-٢ حماية الكابلات الداخلية

تتم حماية الكابلات الداخلية وربطها بالعنصر الخرسانى باستخدام حقن بجراوت أسمنتي أو جراوت مكون من الأسمنت والرمل وذلك طبقا للاشتراطات الخاصة بالحقن بالبند (١٠-٧-٨).

١٠-٧-٦-٣ حماية الكابلات الخارجية External Tendons

تتم حماية الكابلات الخارجية من التلف الميكانيكى والصدأ بإحاطتها بغلاف من الخرسانة الكثيفة أو المونة الكثيفة بسمك كاف ويمكن استخدام مواد أخرى مقاومة للصدأ وذات صلادة كافية لمقاومة التلف ويراعى في تحديد نوع المعالجة المستخدمة الحركة النسبية بين العنصر الخرسانى وغلاف حماية الكابلات والتى تنتج من تأثير التغير في الأحمال والإجهاد وقوى الزحف والاسترخاء والانكماش الناشئ من الجفاف والرطوبة والحرارة في أي منهما. ويفضل أن تقل المسافة بين نقط تثبيت الكابلات الخارجية عن خمسة أمتار.

١٠-٧-٧ وقاية ألواح التثبيت

تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية ألواح التثبيت بعناية ، ويتم صب مونة ذات مقاومة عالية بسمك كافى بين لوح التثبيت وحد العنصر الإنشائي.

١٠-٧-٨ الحقن

١٠-٧-٨-١ عام

يتم الحقن حول الكابلات فى الأنظمة ذات الشد اللاحق لمنع صدأ الكابلات وللتأكد من كفاءة نقل الإجهاد من الكابلات للعنصر الخرسانى.

١٠-٧-٨-٢ التفتيش على الأجربة

يراعى أن تكون الأجربة مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ لحمايتها قبل صب الخرسانة وأن تكون متينة بحيث تقاوم ضغوط وزن الخرسانة والحقن ولا يسمح بوجود تغير فجائي فى القطر أو المسار فى الأجربة لعدم إعاقة الحقن كما تزود الأجربة بفتحات للتهوية بالمقاسات الموضحة بالجدول (١٠-١٣) على مسافات لا تزيد على ١٥ مترا وقبل صب الخرسانة يتم التفتيش على الأجربة للتأكد من سلامة وصلاتها خاصة الوصلة بينها وبين رؤوس التثبيت كما يتم التأكد من عدم حدوث انسداد بها بإدخال هواء مضغوط لا يزيد ضغطه على ٢ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الأفقية و ١ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الرأسية ويشترط مراقبة هذا الضغط.

١٠-٧-٨-٣ مونة الحقن (الجراوت الأسمنتى) Cement Grout

يجب أن تتطابق مواصفات الأسمنت مع المواصفة القياسية المصرية " الأسمنت البورتلاندى العادى وسريع التصلد م.ق.م. ١٩٩١/٣٧٣ " وأن يطابق الرمل المواصفة القياسية المصرية "رمل مون المبانى م. ق. م. ١١٠٨ " وبحيث يمر من منخل ١,١٨ مم وأن تستخدم الإضافات التى تتفق مع المواصفات القياسية المصرية أو العالمية المعروفة إذا ما أثبتت التجارب أنها تحسن من جودة الحقن وبشرط أن تكون خالية من أى نوع من الكلوريدات والنترات والكبريتات. و يجب أن تؤخذ مكعبات من مونة الحقن وتختبر للتأكد من أن مقاومتها لا تقل عن ٣٠ نيوتن / مم^{٢} بعد ٢٨ يوم.

١٠-٧-٨-٤ إجراء الحقن

يجب إجراء حقن الأجربة بأسرع ما يمكن بعد إجراء الشد وذلك لمنع حدوث صدأ للكابلات كما يجب استخدام مونه الحقن خلال ٣٠ دقيقة من الخلط إلا فى الحالات التى يستخدم فيها إضافة لتأخير زمن الشك. ويراعى أن يجرى الحقن بحيث يضمن ملء الأجربة بأكملها وباستخدام مضخات ذات قدره مناسبة بحيث تضخ بمعدل ٦ متر إلى ١٢ متر لكل دقيقة فى حالة الأجربة الأفقية وبحيث يكون الحقن مستمرا ومنتظما وبطيئا حتى لا يحدث انفصال فى مكوناته خاصة فى المناطق التى بها اختناقات ويتم إغلاق فتحات التهوية تباعا مع ملء الأجربة مع الحفاظ على ضغط يساوى ٠,٥٠ نيوتن/مم^{٢} لفترة خمس دقائق بعد غلق فتحة التهوية الأخيرة. أما بالنسبة للأجربة الرأسية فيتم استخدام طلمبات يمكنها الضغط بمعدل ٢ متر إلى ٣ متر لكل دقيقة عند ضغط لا يزيد على ٢نيوتن / مم^{٢}.

الملاحق

ملحق (١) العلاقة بين النظام الدولى (SI) والنظام المتري (كجم - سم)

ملحق (٢) المتطلبات الأساسية للمواصفات القياسية لبعض مواد الخرسانة

ملحق (٣) قيم استرشادية للخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية

ملحق (٤) الرموز والمصطلحات الفنية

ملحق (٥) لجان الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

ملحق (١)

العلاقة بين النظام الدولى (SI) والنظام المترى (كجم . سم)

أ – وحدات النظام الدولى (SI) والوحدات المستعملة معها

ب – معاملات التحويل من النظام المترى إلى النظام الدولى

جـ – معادلات الكود باستخدام وحدات النظام المترى (كجم.سم)

أ – وحدات النظام الدولى (SI Units) والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولى	الرمز العربى
الطول	متر	m	م
	سنتيمتر	cm	سم
	مليمتر	mm	مم
	كيلو متر	km	كم
الكتلة	جرام	g	جم
	كيلو جرام	kg	كجم
	طن	t	طن
	ميليجرام	mg	ملجم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	o	درجة
	دقيقة	/	دقيقة
	ثانية	//	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميليلتر	mL	مللتر
	متر مكعب	m^3	م٣
المساحة	متر مربع	m^2	م٢
	مليمتر مربع	mm^2	مم٢
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الإجهاد	نيوتن / ملليمتر مربع	N/mm^2	ن/مم٢
	كيلو نيوتن/متر مربع	kN/m^2	كن/م٢
درجة الحرارة	درجة الحرارة	^oC	^{o}س

ب – معاملات التحويل من النظام المترى إلى النظام الدولى

نظام مترى		نظام دولى
كيلو جرام قوة	=	٩,٨١ نيوتن
كيلو جرام قوة . متر	=	٩,٨١ نيوتن . متر
كيلو جرام قوة / متر	=	٩,٨١ نيوتن / متر
كيلو جرام قوة / سنتيمتر مربع	=	٠,٠٩٨١ نيوتن / ملليمتر مربع
كيلو جرام قوة / متر مربع	=	٩,٨١ نيوتن / متر مربع
كيلو جرام قوة / متر مكعب	=	٩,٨١ نيوتن / متر مكعب
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة	=	١,٠٠ نيوتن
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة . متر	=	١,٠٠ نيوتن . متر
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر	=	١,٠٠ نيوتن / متر
١٠,٢ كيلو جرام قوة / سنتيمتر مربع	=	١,٠٠ نيوتن / ملليمتر مربع
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر مربع	=	١,٠٠ نيوتن / متر مربع
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر مكعب	=	١,٠٠ نيوتن / متر مكعب

ملحوظة :

تم اعتبار التبسيط التالى :

١ كجم قوه = ١٠ نيوتن وذلك فى إطار تحويل المعادلات فى هذا الكود

جـ - معادلات الكود باستخدام وحدات النظام المترى (كجم . سم)

جميع المعادلات الواردة بالكود والتى لم يرد ذكرها بهذا الملحق تصلح بوحدات النظام المترى (كجم . سم) بنفس الصورة وبدون أى تعديلات.

$$E_c = 14000\sqrt{f_{cu}} \qquad kg/cm^2 \qquad (2\text{-}1)$$

$$\mu_{min} = \frac{A_{smin}}{b.d} = \frac{11}{f_y} \qquad (4\text{-}9)$$

$$q_{umax} = 2.2\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \le 30 \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}15)$$

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}17)$$

$$q_{cu} = 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}18)$$

$$\delta_c = 1 + 0.007\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}19)$$

$$\delta_t = 1 - 0.02\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}20)$$

$$q_{sub} \le 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}27)$$

$$\mu_{min} = \frac{4}{f_y} \qquad (4\text{-}28)$$

$$\mu_{min} = \frac{A_{st}}{b.s} = \left(\frac{4}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu}}\right) \qquad (4\text{-}29)$$

$$q_{cu} = 0.50\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \ge q_u \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}30)$$

$$q_{cup} = 2.5\left(\frac{\alpha .d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}a)$$

$$q_{cup} = \left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}b)$$

$$q_{cup} \le \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}33)$$

$$q_{cu} \le 1.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}44)$$

$$q_{tu} = 2.20\,\delta_{ti}\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}48\text{-}a)$$

$$q_u = 2.20\,\delta_{si}\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}48\text{-}b)$$

$$(2A_{str} + A_{st}) \ge 3.50\frac{(s.b)}{\left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \qquad cm^2 \qquad (4\text{-}52)$$

$$A_{slmin} = \frac{1.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\ .\ A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right)p_h\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad cm^2 \qquad (4\text{-}53\text{-}b)$$

حيث : $\left(\frac{A_{str}}{s}\right) \ge 1.7\left(\frac{b}{f_{yst}}\right)$

$$M_{tu} = \left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (4\text{-}54)$$

$$f_{bu} = 0.95\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}57)$$

$$t = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{15000}\right)}{36 + 9\beta} \qquad (4\text{-}61)$$

$$f_{ctr} = 1.90\sqrt{f_{cu}} \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}64)$$

جدول (٤-٥) التسليح العرضى لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_{tu} \le 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm²)	$q_{tu} > 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm²)
$q_u \le q_{cu}$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقا للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_{tu}
$q_u > q_{cu}$	تسليح لمقاومة $(q_u - q_{cu}/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_{tu} و $(q_u - q_{cu}/2)$

جدول (٥-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (كجم/سم٢)			
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	180	200	250	300
الضغط المحوري ($e=e_{min}$)	f^{*}_{co}	45	50	60	70
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c^{**}	70	80	95	105
القص ***					
مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	7	8	9	9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	5	6	7	7
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا) ****	q_2	15	17	19	21
القص الثاقب	q_{cp}	7	8	9	10
الصلب الفولاذ *****					
1-صلب طري 2400/3500	f_s	1400	1400	1400	1400
2- صلب 2800/4500	f_s	1600	1600	1600	1600
3-صلب 3600/5200	f_s	2000	2000	2000	2000
4-صلب 4000/6000	f_s	2200	2200	2200	2200
5-الشبك الملحوم 4500/5200 أملس ذو النتوءات أو ذو العضات	f_s	1600	1600	1600	1600
		2200	2200	2200	2200

* هذه القيمة تمثل أكبر إجهاد ضغط محوري علي القطاع عند مستوى أحمال التشغيل.

** هذه الإجهادات في حالة الكمرات والبلاطات التي سماكتها (تخانتها) تزيد علي ٢٠سم وتخفض الإجهادات المسموح بها تبعاً لسمك البلاطات عن القيم المعطاة بمقدار ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ كجم/سم٢ علي التوالي للبلاطات ذات سمك ٢٠ ، ١٢ ، ١٠ ، ٨ سم .

*** مع مراعاة ما جاء ببنود (٥-٤) ، (٥-٥).

**** في حالة وجود قص مصحوب بعزوم لي تحدد q_2 بضرب القيم المعطاة في هذا الجدول لحالة القص أو اللي في المعاملات δ_{ti} و δ_{si} كما في المعادلات (٥-١٦) ، (٥-١٧) .

حيث : δ_{ti} و δ_{si} معرفين كما في المعادلة (٤-٤٩) .

***** علي أن تخفض إجهادات الصلب لإستيفاء شروط حد التشرخ بند (٤-٣-٢) إذا دعت الظروف لذلك.

جدول (٥-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللى وقوي القص

	$q_t \le 0.13\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm²)	$q_t > 0.13\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm²)
$q \le q_c$	أدني نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q - q_c/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_t و $(q - q_c/2)$

$$f_{ps} = f_{pe} + 700 + \left(\frac{f_{cu}}{125\,\mu_p}\right) \le f_{pe} + 4200 \le f_{py} \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}9)$$

$$f_{ps} = f_{pe} + 700 + \left(\frac{f_{cu}}{375\,\mu_p}\right) \le f_{pe} + 2000 \le f_{py} \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}10)$$

$$L_d = L_t + L_a = \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{pe}\right)\frac{\phi}{70} \quad cm \qquad (10\text{-}13)$$

$$L_t = \left(\frac{f_{pe}}{3}\right)\frac{\phi}{70} \quad cm \qquad (10\text{-}14\text{-}a)$$

$$L_a = \left(f_{ps} - f_{pe}\right)\frac{\phi}{70} \quad cm \qquad (10\text{-}14\text{-}b)$$

$$q_{cu} = \left(0.142\sqrt{f_{cu}} + \frac{50\,Q_u \cdot d_p}{M_u}\right) \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}16)$$

حيث : $0.40\sqrt{f_{cu}} \le q_{cu} \le 1.12\sqrt{f_{cu}}$ kg/cm²

$$q_{ci} = 0.142\sqrt{f_{cu}} + q_d + q_i \frac{M_{cr}}{M_{max}} \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}17)$$

حيث :
$$q_{ci} \geq 0.40\sqrt{f_{cu}} \quad kg/cm^2$$

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{y_t}\right)\left(1.90\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}\right) \qquad (10\text{-}18)$$

$$q_{cw} = 0.85\sqrt{f_{cu}} + 0.30\, f_{pcc} + q_{pv} \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}19)$$

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1 + \left(\frac{f_{pcc}}{0.95\sqrt{f_{cu}}}\right)} \quad kg/cm^2 \qquad (10\text{-}21)$$

حيث :
$$\left(\frac{A_{str}}{s}\right) \geq 1.7\left(\frac{b}{f_{yst}}\right)$$

$$A_{sl\,min} = \frac{1.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\, A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right) p_h \left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \quad cm^2 \qquad (10\text{-}25)$$

$$M_{tu} = \left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1 + \left(\frac{f_{pcc}}{0.95\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad (10\text{-}26)$$

جدول (١٠-٣) الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة (كجم / سم٢)

١ - الإجهادات المسموح بها نتيجة عزوم الانحناء بعد نقل الإجهاد للخرسانة مباشرة (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن – Time dependent Losses) يجب ألا تتعدى القيم الآتية :	
أ- أقصى إجهاد فى الضغط	$0.45\ f_{cui}$
ب- أقصى إجهاد فى الشد بإستثناء ماهو مسموح به فى (جـ)	$0.70\ \sqrt{f_{cui}}$
جـ- أقصى إجهاد فى الشد عند نهاية الكمرات بسيطة الارتكاز	$1.40\ \sqrt{f_{cui}}$
٢- الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء عند حمل التشغيل (بعد حدوث جميع الفواقد فى الإجهادات) يجب ألاتتعدى القيم الآتية :	
أ- أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى الأحمال الدائمة	$0.35f_{cu}$
ب- أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال	$0.40f_{cu}$
جـ- أقصى إجهاد فى الشد فى منطقة التعرض السابق للضغط (Pre-compressed tensile zone)	$1.40\ \sqrt{f_{cu}}$
٣- الإجهادات المسموح بها للخرسانة نتيجة الضغط المحورى:	
أقصى إجهاد فى الضغط	$0.25\ f_{cu}$

حيث:

f_{cui} هى المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند نقل سبق الإجهاد

f_{cu} هى المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند التشغيل

ملحق (٢)

المتطلبات الأساسية للمواصفات القياسية لبعض مواد الخرسانة

(راجع الدليل المفسر لإجراء الاختبارات)

أ – متطلبات المواصفات القياسية المصرية لأنواع الأسمنت شائعة الاستخدام

ب – متطلبات المواصفات القياسية المصرية م.ق.م. ١١٠٩/ ١٩٧١ لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية

جـ – متطلبات المواصفات القياسية المصرية م.ق.م. ٢٦٢ / ١٩٨٨ لصلب التسليح

(أ) متطلبات المواصفات القياسية المصرية لأنواع الأسمنت شائعة الاستخدام

م	المتطلبات الفنيــــــة	نـــــــوع الأسمــــــــنت			
		البورتلاندى العادى	البورتلاندى سريع التصلد	البورتلاندى فائق النعومة ٤١٠٠	البورتلاندى المقاوم للكبريتات
	رقم المواصفة	١٩٩١ / ٣٧٣	١٩٩١ / ٣٧٣	١٩٧٩/١٤٥٠	١٩٩٣ / ٥٨٣
١	زمن الشك الإبتدائى بجهاز فيكات	لا يقل عن ٤٥ دقيقة	لا يقل عن ٤٥ دقيقة	لايقل عن ٤٥ دقيقة	لا يقل عن ٤٥ دقيقة
٢	زمن الشك النهائى بجهاز فيكات	لا يزيد عن ١٠ ساعات	لا يزيد على ١٠ ساعات	لا يزيد على ١٠ ساعات	لا يزيد على ١٠ ساعات
٣	ثبات الحجم (التمدد) بطريقة لوشاتلية	لا يزيد التمدد على ١٠ مم	لا يزيد التمدد على ١٠ مم	لا يزيد التمدد على ١٠ مم	لا يزيد التمدد على ١٠ مم
٤	**متوسط مقاومة الضغط لثلاثة مكعبات من مونة الأسمنت** بعد ٢٤ ساعة بعد ثلاثة أيام بعد سبعة أيام بعد ثمانية وعشرين يوماً **ملحوظة:-** يجب أن تتناسب مقاومة الضغط أو مقاومة الشد تناسبياً طردياً مع عمر المكعبات فى جميع الاختبارات	----- لا تقل عن ١٨ نيوتن /مم٢ لا تقل عن ٢٧ نيوتن /مم٢ لا تقل عن ٣٦ نيوتن/مم٢	----- لا تقل عن ٢٤ نيوتن/مم٢ لا تقل عن ٣١ نيوتن/مم٢ لا تقل عن ٤٠ نيوتن/مم٢	لاتقل عن ١٠ نيوتن / مم٢ لاتقل عن ٢٥ نيوتن /مم٢ لاتقل عن ٣٢ نيوتن /مم٢ لاتقل عن ٤٠ نيوتن /مم٢	------- لا تقل عن ١٨ نيوتن /مم٢ لا تقل عن ٢٧ نيوتن /مم٢ لا تقل عن ٣٦ نيوتن/مم٢
٥	النعومة (المساحة السطحية بطريقة بلين)	لا تقل عن ٢٥٠٠سم٢/جم	لا تقل عن ٣٥٠٠ سم٢/جم	لاتقل عن ٤١٠٠ سم٢/جم	لا تقل عن ٢٨٠٠ سم٢ /جم
٦	ثالث أكسيد الكبريت إذا كان C_3A < ٣,٥ % ثالث أكسيد الكبريت إذا كان C_3A > ٣,٥ %	لا يزيد علي ٢,٥ % لا يزيد علي ٣,٥ %	لا يزيد على ٢,٥ % لا يزيد على٣,٥ %	______ لا يزيد على ٢,٥% (C_3A<7%) لا يزيد على ٣% (C_3A>7%)	لا تزيد على ٢,٥ % ------
٧	معامل تشبع الجير	لا يقل عن ٠,٦٦ ولا يزيد على ١,٠٢	لا يقل عن ٠,٦٦ ولا يزيد على ١,٠٢	لا يقل عن ٠,٦٦ ولا يزيد على ١,٠٢	لا يقل عن ٠,٦٦ ولا يزيد على ١,٠٢
٨	المواد المتبقية غير القابلة للذوبان	لا تزيد على ١,٥ %	لا تزيد على ١,٥ %	لا تزيد على ١,٥ %	لا تزيد على ١,٥ %
٩	أكسيد الماغنسيوم	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %
١٠	الفقد بالحريق	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %
١١	الومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A	--------	---------	----------	لا تزيد على ٣,٥ %
١٢	سليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S	--------	---------	---------	---------
١٣	سليكات ثنائي الكالسيوم C_2S	--------	---------	---------	---------

تابع (أ) متطلبات المواصفات القياسية المصرية لأنواع الأسمنت شائعة الاستخدام

م	المتطلبات الفنيـــــة	نـــــوع الأسمـــــــنت		
		البورتلاندى المنخفض الحرارة	البورتلاندى الحديدي	عالى المقاومة للكبريتات
	رقم المواصفة	١٩٩٢ / ٥٤١	١٩٩٢ / ٩٧٤	١٩٩٥/٢٧٩٧
١	زمن الشك الإبتدائى بجهاز فيكات	لا يقل عن ٦٠ دقيقة	لا يقل عن ٤٥ دقيقة	لا يقل عن ٤٥ دقيقة
٢	زمن الشك النهائى بجهاز فيكات	لا يزيد على ١٠ ساعات	لا يزيد على ١٠ ساعات	لا يزيد على ١٠ ساعات
٣	ثبات الحجم (التمدد) بطريقة لوشاتلية	لا يزيد التمدد علي ١٠ مم	لا يزيد التمدد على ١٠ مم	لا يزيد التمدد على ٥ مم
٤	**متوسط مقاومة الضغط لثلاث مكعبات من مونة الأسمنت** بعد ثلاثة أيام بعد سبعة أيام بعد ثمانية وعشرين يوما **ملحوظة:**- يجب أن تتناسب مقاومة الضغط تناسبا طرديا مع عمر المكعبات في جميعا الإختبارات	لا تقل عن ٧ نيوتن/مم^2 لا تقل عن ١٣نيوتن /مم^2 لا تقل عن ٢٧ نيوتن/مم^2	لا تقل عن ١٣,٠ نيوتن/مم^2 لا تقل عن ٢١,٠ نيوتن/مم^2 لا تقل عن ٣٤,٠ نيوتن/مم^2	لا تقل عن ١٣,٠ نيوتن/مم^2 لا تقل عن ٢١,٠ نيوتن/مم^2 لا تقل عن ٣٠,٠ نيوتن/مم^2
٥	النعومة (المساحة السطحية بطريقة بلين)	لا تقل عن ٢٨٠٠ سم^2/جم	لا تقل عن ٢٥٠٠ سم^2/جم	لا تقل عن ٤٠٠٠ سم^2/جم
٦	ثالث أكسيد الكبريت إذا كان C_3A > ٣,٥ % ثالث أكسيد الكبريت إذا كان C_3A < ٣,٥ % الكبريت خلاف الموجود فى ثالث اكسيد الكبريت	—— لا يزيد علي ٢,٥ % ——	لا يزيد علي ٢,٥ % لا يزيد علي ٣,٥ % ——	لا يزيد على ٤,٥ % لا يزيد على ٤,٥ % لا يزيد على ١,٥ %
٧	معامل تشبع الجير	لا يقل عن ٠,٦٦ ولا يزيد على ٠,٨٨		——
٨	المواد المتبقية الغير قابلة للذوبان	لا تزيد على ١,٥ %	لا تزيد على ١,٥ %	——
٩	أكسيد الماغنسيوم	لا تزيد على ٤,٠ %	لا تزيد على ٧,٠ %	——
١٠	الفقد بالحريق	لا يزيد على ٣,٠ %	لا يزيد على ٤,٠ %	——
١١	الومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A	لا تزيد على ٧,٠ %	٧ % أو أقل في حالة أكسيد الكبريت ٢,٥ % أكثر من ٧% في حالة أكسيد الكبريت ٣ %	——
١٢	سليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S	لا تزيد على ٣٥,٠ %		——
١٣	سليكات ثنائي الكالسيوم C_2S	لا تقل على ٤٠ %	——	——
١٤	**حرارة الإماهه** بعد سبعة أيام بعد ثمانية وعشرين يوما	لاتزيد على ٢٥٠ كيلو جول/كجم لاتزيد على ٢٩٠ كيلو جول/كجم	—— ——	لاتزيد على ٢٥٠ كيلو جول/كجم لاتزيد على ٢٩٠ كيلو جول/كجم

(ب) متطلبات المواصفات القياسية المصرية١١٠٩/١٩٧١ لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية

جدول (ب-١) تدرج الركام الكبير

المناخل القياسية		المقاس الاعتباري الأكبر (ملليمتر)				
رقم المنخل (مم)	العرض الإسمى للفتحة (مم)	٤٠	٣٢	٢٥	٢٠	١٦
٧	٣٨,١٠	١٠٠-٩٥	--	--	--	--
٨	٣٢,٠٠	--	١٠٠-٩٥	--	--	--
١٠	٢٢,٦٠	--	--	١٠٠-٩٥	--	--
١١	١٩,٠٠	٧٥-٣٠	٨٥-٥٠	٩٥-٧٥	١٠٠-٩٥	١٠٠
١٢	١٦,٠٠	--	--	--	--	١٠٠-٩٠
١٥	٩,٥١	٤٠-١٠	٥٠-١٥	٥٥-١٧,٥	٦٠-٢٠	٨٠-٤٠
١٩	٤,٧٦	صفر-٥	صفر -٥	صفر-٧,٥	صفر-١٠	صفر-١٠

جدول (ب-٢) تدرج الركام الصغير

المقاس الاعتباري الأكبر (مم)	المناخل القياسية		النسبة المئوية المارة من المنخل بالوزن			
	رقم المنخل	العرض الأسمى للفتحة (مم)	منطقة التدرج الأولى	منطقة التدرج الثانية	منطقة التدرج الثالثة	منطقة التدرج الرابعة
١٠,٠٠	١٥	٩,٥١٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٥,٠٠	١٩	٤,٧٦٠	١٠٠-٩٠	١٠٠-٩٠	١٠٠-٩٠	١٠٠-٩٥
٢,٥٠	٢٢	٢,٨٣٠	٩٥-٦٠	١٠٠-٧٥	١٠٠-٨٥	١٠٠-٩٥
١,٢٥	٢٦	١,٤١٠	٧٠-٣٠	٩٠-٥٥	١٠٠-٧٥	١٠٠-٩٠
٠,٦٢	٣٠	٠,٧٠٧	٣٤-١٥	٥٩-٣٥	٧٩-٦٠	١٠٠-٨٠
٠,٣١	٣٤	٠,٣٥٤	٢٠-٥	٣٠-٨	٤٠-١٢	٥٠-١٥
٠,١٦	٣٨	٠,١٧٧	صفر - ١٠	صفر - ١٠	صفر - ١٠	صفر - ١٥

جدول (ب-٣) تدرج الركام الشامل

المناخل القياسية		المقاس الاعتباري الأكبر (ملليمتر)				
رقم المنخل (مم)	العرض الإسمى للفتحة (مم)	٤٠	٣٢	٢٥	٢٠	١٦
٧	٣٨,١٠٠	١٠٠-٩٥	--	--	--	--
٨	٣٢,٠٠٠	--	١٠٠-٩٥	--	--	--
١٠	٢٢,٦٠٠	--	--	١٠٠-٩٥	--	--
١١	١٩,٠٠٠	٨٠-٤٠	٩٠-٦٥	٩٥-٧٥	١٠٠-٩٥	--
١٢	١٦,٠٠٠	--	--	--	--	١٠٠-٩٠
١٥	٩,٥١٠	٦٠-٣٠	٧٠-٣٥	٧٠-٤٠	٧٥-٥٠	٨٥-٦٠
١٩	٤,٧٦٠	٥٠-٢٠	٥٠-٢٠	٥٠-٢٠	٥٥-٢٥	٦٥-٣٠
٢٢	٢,٨٣٠	--	--	--	--	--
٢٦	١,٤١٠	--	--	--	--	--
٣٠	٠,٧٠٧	٣٠-٣	٣٠-٣	٣٠-٣	٣٥-٥	٣٥-٥
٣٤	٠,٣٥٤	--	--	--	--	--
٣٨	٠,١٧٧	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

(جـ) متطلبات المواصفات القياسية المصرية رقم ١٩٨٨/٢٦٢ لصلب التسليح

١- الخواص الميكانيكية للرتب المختلفة من أسياخ التسليح (يرجع للجدول ٢-٤)

٢- التركيب الكيميائي للمنتج النهائي (الأسياخ)

العنصر	حدود المواصفات	
	صلب ٢٤٠/ ٣٥٠ صلب ٢٨٠/ ٤٥٠	صلب ٣٦٠/ ٥٢٠ صلب ٤٠٠/ ٦٠٠
كربون	لايزيد على ٠,٣ %	لايزيد على ٠,٤٥ %
كبريت	لايزيد على ٠,٠٦ %	لايزيد على ٠,٠٦ %
فوسفور	لايزيد على ٠,٠٦ %	لايزيد على ٠,٠٦ %

٣- التجاوزات المسموح بها

٣-١ التجاوزات المسموح بها فى الأبعاد المختلفة فى المقطع

- لا يزيد الفرق بين طولى أى قطرين متعامدين مقاسين عند نفس المقطع على ٨ % من القيمة الإسمية للقطر.
- لا يزيد التجاوز فى مقاس القطر على ± ٠,٥ مم وذلك للأقطار الإسمية حتى ٢٥ مم ، ±١,٠ مم للأقطار الإسمية الأكبر من ٢٥ مم.

٣-٢ التجاوزات المسموح بها فى الأطوال

- يسمح بتجاوز فى طول السيخ قدره ±٤,٠ مم وذلك للأسياخ التى لا يزيد طولها على ٦ متر.
- يسمح بتجاوز أكبر للأسياخ التى يزيد طولها على ٦ متر بحيث يضاف للتجاوز السابق ٥,٠٠ مم لكل متر زيادة فى الطول عن ٦ متر على ألا يزيد التجاوز الكلى على ١٢٠ مم مهما كان طول السيخ.

٣-٣ التجاوزات المسموح بها فى الأوزان

القطر الأسمى (مم)	التجاوز فى وزن المتر الطولي (%)	
	الرسالة	السيخ المفرد
٦	٦ + ٤-	٨ -
٨ ، ١٠	٤,٥ + ٣,٥ -	٦ -
١٢ فأكثر	٢,٥±	٤ -

٤- اشتراطات عامة للنتوءات

أ- لاتزيد زاوية ميل النتوء الطولى على المحور الرأسى للسيخ على ٤٥ درجة.

ب- لاتزيد المسافة بين أى نتوءين عرضيين على ٧٠ % من القطر المكافئ الإسمى للسيخ.

جـ- لايقل ارتفاع النتوء عن ٥ % من القطر المكافئ الإسمى للسيخ وذلك للأسياخ ذات قطر مكافئ إسمى لا يزيد على ١٦ مم ، أما فى حالة الأسياخ التى يزيد قطرها المكافئ الإسمى على ١٦ مم فيراعى ألا يقل ارتفاع النتوء عن ٦ % من القطر المكافئ الإسمى.

د- لا يزيد مجموع المسافات الخالية من النتوءات على ٢٥ % من المحيط الإسمى للسيخ فى جميع الحالات.

ملحق (٣)

قيم استرشادية للخواص الميكانيكة

لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية

قيم استرشادية للخواص الميكانيكية
لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية

جدول (١) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد (Stress- relieved wires) في المواصفات الأمريكية ASTM A 421

القطر الاسمى (مم)	مقاومة الشد (ن/مم٢)		مقاومة الخضوع (ن/مم٢)**	
	نوع WA	نوع BA	نوع WA	نوع BA
4.88	1725	---	1465	---
4.98	1725	1655	1465	1407
6.35	1655	1655	1407	1407
7.01	1620	1620	1377	1377

جدول (٢) الخواص الميكانيكية لجدائل مكونة من ٧ أسلاك* (Stress- relieved 7-wire strands) في المواصفات الأمريكية ASTM A 416

القطر الاسمى (مم)	المساحة الاسمية (مم٢)	مقاومة الشد (كيلو نيوتن)		مقاومة الخضوع (كيلو نيوتن)**	
		رتبة 250	رتبة 270	رتبة 250	رتبة 270
6.35	23.22	40.0	---	34.0	---
7.94	37.42	64.5	---	54.7	---
9.53	51.61	89.0	102.3	75.6	87.0
11.11	69.68	120.1	137.9	102.3	117.2
12.70	92.90	160.1	183.7	136.2	156.1
15.24	139.35	240.2	260.7	204.2	221.5

* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة فى حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء

** مقاومة الخضوع فى حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء لا تقل عن ٩٠% من مقاومة الشد

جدول (٣) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد المسحوبة على البارد (Cold drawn wires) في المواصفات البريطانية BS 5896 *

القطر الاسمى (مم)	مقاومة الشد (ن/مم^2)	مقاومة الخضوع (ن/مم^2) (إجهاد ضمان ٠,١٠%)
4.0	1670	1386
4.0	1770	1469
4.5	1620	1345
5.0	1670	1386
5.0	1770	1469
6.0	1670	1386
6.0	1770	1469
7.0	1570	1303
7.0	1670	1386

* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة وذلك لأي من نوعى الأسلاك المنتجة سواء العادية أو منخفضة الاسترخاء

جدول (٤) الخواص الميكانيكية للجدائل فى المواصفات البريطانية *

نوع الجديلة	القطر الإسمى (مم)	المساحة الإسمية (مم)	مقاومة الشد (كيلو نيوتن)	مقاومة الضمان ٠,١٠% (كيلو نيوتن)	المواصفة
٧ أسلاك قياسية Standard strand	9.3 11.0 12.5 15.2	52.3 71.0 94.2 138.2	92 125 164 232	78.00 106.00 139.00 197.00	BS 5896
٧ أسلاك فائقة Super 7-wire strands	8.0 9.6 11.3 12.9 15.7	38.0 55.0 75.0 100.0 150.0	70 102 139 186 265	59.00 89.00 118.00 158.00 225.00	BS 5896
٧ أسلاك مسحوبة Drawn 7-wire strands	12.7 15.2 18.0	112.0 165.0 223.0	209 300 380	178.00 255.00 323.00	BS 5896
١٩ سلكة 19 wires strand	18.0 25.4 28.6 31.8	210.0 423.0 535.0 660.0	370 659 823 979	319.50 560.15 699.55 832.15	BS 4757

* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة وذلك للنموذجين من الجدائل سواء العادية أو منخفضة الاسترخاء

ملحق (٤)

الرموز والمصطلحات الفنية

الرموز والمصطلحات الفنية

-Depth of the equivalent rectangular stress block	a	- عمق المستطيل المكافئ للإجهادات الضغط
-Distance between the concentrated load and face of support	a	- المسافة بين الحمل المركز ووجه الركيزة
- Long side of footing	a	- البعد الطويل لقاعدة الأساس
-Shorter effective span of slab	a	- البحر الفعال الأقصر للبلاطة
-Short side of rectangular bearing surface	a	- البعد الأقصر لسطح التحميل المستطيل الشكل
-Long dimension of column or wall cross-section (parallel to y-y axis)	a	- البعد الأطول لقطاع العمود أو قطاع الحائط (الموازى للمحور (y - y
-Effective depth of cross-section corresponding to bending moment Mx of simple method in section subjected to biaxial bending moment	a'	- العمق الفعال للقطاع لعزم M_x فى الطريقة المبسطة لعزوم انحناء مزدوجة
-Suspended short span of slab	a_l	- البحر الأقصر المعلق للبلاطة
-Maximum depth of the equivalent rectangular stress block	a_{max}	- أقصى عمق للمستطيل المكافئ لإجهادات الضغط
- Area of that part of cross section between flexural tension face and center of gravity of gross section	A	- مساحة قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله
-Cross- sectional area of concrete.	A_c	- مساحة قطاع الخرسانة
-Area of main flexural steel reinforcement in corbels	A_f	- مساحة صلب التسليح الأساسى للانحناء فى الكوابيل القصيرة
-Horizontal reinforcement in corbels and deep beams	A_h	- التسليح الأفقى فى الكوابيل القصيرة والكمرات العميقة
-Area of tensile force reinforcement (Nu) in corbels	A_n	- مساحة التسليح لقوة الشد(N_u) فى الكوابيل القصيرة
-Gross area enclosed by shear flow path	A_o	- المساحة المحصورة داخل مسار القص لوحدة الطول
-Area enclosed by centerline of the outermost closed transverse torsional reinforcement	A_{oh}	- المساحة المحصورة داخل محور الحديد العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة اللي

- Area enclosed by outside perimeter of concrete cross section including area of openings	A_{cp}	- المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات إن وجدت
-Area of concrete core enclosed by the spiral stirrups	A_k	- مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائرة محور الكانات الحلزونية
-Gross area of concrete section	A_g	- مساحة القطاع الخرسانى الكلى
-Area of nonprestressed tension reinforcement	A_s	- مساحة تسليح الشد
-Area of compression reinforcement.	$A_{s'}$	- مساحة تسليح الضغط
-Area of bent bars	A_{sb}	- مساحة أسياخ الصلب المثنية (المكسحة)
-Area of longitudinal steel bars in section subject to compressive forces	A_{sc}	- مساحة أسياخ الصلب الطولى فى قطاع معرض لقوى ضغط
-Additional, longitudinal reinforcement for torsion	A_{sl}	- التسليح الطولى الإضافى فى اللي
-Area of shear- friction reinforcement	A_{sf}	- مساحة تسليح القص بالاحتكاك
-Cross section area of spiral stirrups	A_{sp}	- مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية
-Area of concrete in the tension zone of cross-section	A_{ct}	- مساحة الخرسانة فى منطقة الشد بالقطاع
-Minimum amount of additional longitudinal reinforcement	A_{slmin}	- أقل تسليح طولى إضافى فى اللي
-Effective concrete area in tension	A_{cef}	- مساحة الجزء الفعال من الخرسانة فى الشد
-Effective cross-sectional area within a joint	A_j	- مساحة القطاع الفعال خلال منطقة اتصال العمود بالكمرة
-Area of stirrups resisting shearing forces	A_{st}	- مساحة الكانات المقاومة لقوى القص
-Area of one leg of stirrups resisting torsional moments	A_{str}	- مساحة مقطع فرع واحد للكانات المقاومة لعزوم اللي
-Vertical web reinforcement in deep beams	A_v	- التسليح الجذعى الرأسي فى الكمرات العميقة
-Loaded bearing area	A_1	- مساحة سطح التحميل

English	Symbol	Arabic
-Maximum area of the portion of the supporting surface that is geometrically similar to and concentric with the loaded area	A_2	– أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل
-Area of longitudinal reinforcement to resist torsion	A_{sl}	– مساحة التسليح الطولى لمقاومة عزم اللي
-Area of concrete section required by calculation	A_{creq}	– مساحة القطاع الخرسانى المطلوبة حسابياً
- Area of main reinforcement	$A_{s(main)}$	– مساحة التسليح الرئيسى
- Area of secondary reinforcement	$A_{s(sec)}$	– مساحة التسليح الثانوى
-Area of prestressing reinforcement in tension zone	A_{ps}	– مساحة مقطع صلب سبق الإجهاد ناحية الشد
-Area of reinforcement in the zone with concentrated reinforcement of footing	A_{sm}	– مساحة صلب التسليح فى منطقة التمركز فى قاعدة الأساس
-Width of a rectangular section , web, ribs, or box section	b	–عرض القطاع المستطيل أو الجذع أو عرض الأعصاب أو عرض المقطع الصندوقي
-Long dimension of loaded area	b	–البعد الأطول لمساحة التحميل
-Long dimension of effective loaded area for punching shear	b	– البعد الأطول لمساحة التحميل الفعالة للقص الثاقب
-Short side of footing	b	– البعد القصير لقاعدة الأساس
-Short dimension of the rectangular column or wall cross-section parallel to x-x axis	b	– البعد الأقصر لمقطع العمود المستطيل أو الحائط الموازى للمحور x-x
- Width of foundation strip	b	– عرض شريحة الأساس
-Long effective span of two-way slabs	b	– البحر الفعال الأطول للبلاطات ذات الاتجاهين
-Effective depth of cross section corresponding to bending moment My of simple method in section subjected to biaxial bending moment	b'	– هو العمق الفعال للقطاع للعزم My فى الطريقة المبسطة لعزوم انحناء مزدوجة
-Width of compression face of beam	b_c	– عرض الكمرة عند الوجه المعرض للضغط
-Effective width of flat slab transferring negative bending moments	b_e	– العرض الفعال فى نقل عزوم الانحناء السالبة فى البلاطات المسطحة

-Perimeter of critical section for punching shear	b_o	– محيط القطاع الحرج للقص الثاقب
-Longer suspended span of two way slabs	b_1	– البحر المعلق الأطـــول للبلاطـــات ذات الاتجاهين
-Length of punching shear critical section measured in the loaded span direction	b_1	– طول القطاع الحرج فـــى القـــص الثاقب مقاساً فى اتجاه التحميل
-Length of punching shear critical section measured perpendicular to the loaded span direction	b_2	– طول القطاع الحرج فـــى القـــص الثاقب مقاساً فى الاتجاه العمـــودى على التحميل
-Width of compression flange of T-section	B	– عرض شفة الضغط لقطاع علـــى شكل حرف T
-Nominal section dimension in shrinkage calculations	B	– البعد الاعتباري للقطاع عند حساب الانكماش
-Distance from extreme compression surface to neutral axis	c	– المسافة بين سطح الضغط الأقصى ومحور الخمول (التعادل)
-Thickness of solid floor cover	c	– تخانة غطاء الأرضية المتماسك
-Dimension of rectangular, or equivalent rectangular column measured in the direction of the span of flat slabs for which moments are being determined	c_1	– بعد العمود المســـتطيل أو العمـــود المستطيل المكافئ مقاساً في اتجـــاه بحر البلاطات المســـطحة التـــي تحسب لها عزوم الانحناء
-Dimension of rectangular or equivalent rectangular column measured transverse to the direction of the span for which moments in flat slabs are being determined	c_2	– بعد العمود المستطيل أو العمـــود المستطيل المكـــافئ مقاســـاً فـــي الاتجاه المستعرض لبحر البلاطات المسطحة التي تحسب لها عـــزوم الانحناء .
-Concrete cover	c_c	– الغطاء الخرسانى
-Maximum allowable distance from extreme compression surface to neutral axis in singly reinforced sections subject to flexure	c_{max}	– أقصى مسافة مسموح بها من سطح الضغط الأقصـــى إلـــى محـــور التعادل فى المقاطع أحادية التسليح المعرضة لانحناء
-Section torsional constant	C	– ثابت اللي للقطاع
-Effective depth of cross-section from extreme compression surface to centroid of tension reinforcement	d	– العمق الفعال للقطاع مـــن ســـطح الضغط الأقصى إلى مركز مساحة لتسليح الشد

-Distance from extreme compression surface to centroid of compression reinforcement	d_1	– المسافة من سطح الضغط الأقصى إلى مركز مساحة لتسليح الضغط
-Distance from extreme compression fiber to centroid of prestressed reinforcement	d_p	–المسافة من الألياف المعرضة لأقصى إجهادات ضغط إلى مركز مساحة صلب سبق الإجهاد
-Dead loads	D	– الأحمال الدائمة
-Diameter of the concrete core enclosed by the centerline of spiral stirrups	D_k	– قطر قلب القطاع الخرساني المحصور داخل محور الكانة الحلزونية
-Diameter of circular cross-section	D	– قطر القطاع الدائري
-Diameter of the largest circle that can be drawn inside column cross section	D	– قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل قطاع العمود
-Eccentricity of loads	E	– لامركزية الأحمال
-Clear distance between ribs	e	– المسافة الخالصة بين الأعصاب
-Minimum eccentricity	e_{min}	– اللامركزية الدنيا
-Lateral loads	E	– الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية
-Modulus of elasticity of concrete	E_c	– معاير مرونة الخرسانة
-Modulus of elasticity of concrete at prestressing	E_{ci}	– معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد
-Modulus of elasticity of prestressed reinforcement	E_p	– معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد
-Modulus of elasticity of soil	E_{soil}	– معاير مرونة التربة
-Modulus of elasticity of steel reinforcement	E_s	– معاير مرونة الصلب
-Flexural stiffness	EI	– جساءة الانحناء
-Ultimate bond strength between concrete and reinforcement	f_{bu}	– مقاومة التماسك القصوى بين الخرسانة والتسليح
-Allowable working stresses in compression of concrete sections subject to bending moments, or eccentric compressive forces with large eccentricity	f_c	– إجهاد التشغيل في الضغط المسموح به لقطاعات الخرسانة المعرضة لعزوم انحناء أو قوى ضغط ذات لا مركزية كبيرة

-Allowable axial compressive working stresses for e < 0.05t.	f_{co}	-إجهادات التشغيل المسموح بها فى الضغط المحوري في حالة لا مركزية أقل من أو تساوى ٠,٠٥ من سمك القطاع
-Tensile stresses in concrete due to axial tensile forces	$f_{ct}(N)$	- إجهادات الشد فى الخرسانة الناتجة عن قوى شد محورية
-Stresses due to dead loads without using load factors at the section face where tensile stresses exist under the action of external loads	f_{cd}	- الإجهادات فى الخرسانة نتيجة الأحمال الميتة بدون استعمال معاملات زيادة الأحمال عند حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
-Tensile stresses in concrete due to bending moments	$f_{ct}(M)$	- إجهادات الشد فى الخرسانة الناتجة عن عزوم انحناء
-Cracking-limit tensile - stresses of concrete	f_{ctr}	- إجهادات شد حد التشرخ للخرسانة
-Characteristic strength of concrete	f_{cu}	- مقاومة الضغط المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة)
- Characteristic strength of concrete at time of initial prestress	f_{cui}	- المقاومة المميزة للخرسانة عند نقل سبق الإجهاد للخرسانة
-Target mean strength	f_m	- متوسط المقاومة المستهدفة
-Axial stress	f_o	- إجهاد محوري
-Average compressive stress in concrete due to effective prestressing force only (after allowance for prestress losses	f_{pc}	- إجهاد الضغط المتوسط فى الخرسانة نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة
-Initial generated stresses in the adjacent concrete to the prestressing reinforcement before any losses	f_{pci}	- الإجهادات الابتدائية المتولدة فى الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
-Initial stresses in prestressing steel after the instantaneous losses but before the time-dependant losses	f_{pi}	- الإجهادات الابتدائية المتولدة فى صلب سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفورى وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
-Stress in prestressing reinforcement at nominal strength	f_{ps}	- الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد عند المقاومة الاسمية

-Specified tensile strength of prestressing reinforcement	f_{pu}	– مقاومة الشد لصلب سبق الإجهاد
-Specified, yield strength of prestressing reinforcement	f_{py}	– مقاومة الخضوع لصلب سبق الإجهاد
-Working stress of steel reinforcement	f_s	– إجهاد التشغيل لصلب التسليح
-Effective stress in prestressed reinforcement (after allowance for all prestress losses)	f_{pe}	– الإجهاد الفعال فى صلب سبق الإجهاد (بعد السماح بحدوث الفواقد)
-Compressive stresses in concrete (due to effective prestressing force only) at the section face where tensile stresses exist under the action of external loads	f_{pce}	– إجهاد الضغط فى الخرسانة (نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة فقط) فى حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
-Compressive stress in concrete at section centroid or at the flange bottom face when the section centroid lies inside the flange	f_{pcc}	– إجهاد الضغط فى الخرسانة عند مركز القطاع أو عند اتصال جذع الكمرة بالبلاطة عندما يكون المركز داخل البلاطة
-Stress in concrete at the level of prestressing steel at time of transfer	f_{cs}*	– الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد عند نقل قوى سبق الإجهاد للخرسانة
-Stress in concrete at level of prestressing steel due to dead loads at time of transfer	f_{csd}*	– الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال الدائمة عند نقل قوى سبق الإجهاد فى الخرسانة
-The stress in the tension reinforcement calculated on the basis of a cracked section under the loading conditions causing first cracking	f_{sr}	– إجهاد صلب التسليح فى المقطع والمحسوب على أساس قطاع مشرخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير ظروف التشغيل المسببة لأول حالة تشرخ
-Specified yield strength or proof strength of nonprestressed reinforcement.	f_y	– إجهاد الخضوع أو إجهاد الضمان لصلب التسليح
-Yield strength of spiral stirrups.	f_{yp}	– إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية

-Yield strength of transversal reinforcement used for torsion	f_{yst}	- إجهاد خضـوع صلـب التسـليح المستخدم فى التسـليح العرضـى لمقاومة اللي
-Uniformly distributed working dead loads	g	- أحمال التشغيل الدائمـة المنتظمـة التوزيع
-Effective depth or span of a deep beam, whichever is smaller	g	- العمق الفعـال أو البحـر الفعـال للكمرة العميقة أيهما أقل
-Ultimate uniformly distributed dead loads	g_u	- الأحمال القصوى الدائمة المنتظمـة التوزيع
-Height of lower column	h_l	- ارتفاع العمود السفلى
-Height of upper column	h_u	- ارتفاع العمود العلوى
-Total height of structure	H_b	- الارتفاع الكلى للمنشأ
-Clear height of wall	H	- الارتفاع الصافى للحائط
-Buckling length or effective height	H_e	- طول الانبعاج أو الارتفاع الفعال
-Height of walls between axes of slabs	H_o	- ارتفـاع الحوائـط بيـن محـاور البلاطات
-Clear height of column	H_o	- الارتفاع الخالص للعمود
-Radius of gyration of column cross section	i	- نصف قطر القصور الذاتى لمقطـع العمود
-Moment of inertia of beam cross- section	I_b	- عزم القصور الذاتى لقطاع الكمرة
-Moment of inertia of column cross-section	I_c	- عزم القصور الذاتى لقطاع العمود
-Moment of inertia of cracked concrete section	I_{cr}	- عـزم القصـور الذاتـى لقطـاع الخرسانة المشرخ
-Moment of inertia of foundation or foundation frames and shear walls per unit strip width	I_B	- عزم القصور الذاتى (للأسـاس أو للأسـاس والإطـارات وحوائـط القـص) للوحـدة مـن عـرض الشريحة
-Effective moment of inertia for computation of deflection	I_e	- عزم القصور الذاتى الفعال لحساب سهم الانحناء
-Equivalent moment of inertia of column	I_{ec}	-عزم القصور الذاتى المكافئ للعمود
-Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	I_g	- عزم القصور الذاتى لكامل القطـاع الخرساني حول المحور المركـزى مع إهمال التسليح

English	Symbol	Arabic
-Moment of inertia of lower column cross section	I_l	- عزم القصور الذاتى لقطاع العمود السفلى
-Moment of inertia of upper column cross section	I_u	- عزم القصور الذاتى للعمود العلوى
-Property of the assumed punching shear critical section analogous to polar moment of inertia	J_{cx}, J_{cy}	- ثابت للقطاع الحرج في القص الثاقب يشابه عزم القصور القطبى حول محوري y, x على التوالى
-Effective length factor for wall	K	- معامل الطول الفعال للحائط
-Coefficient for bending moment calculation	K	- ثابت لحساب عزوم الانحناء
-Dynamic loads	K	- أحمال ديناميكية
-Wobble friction coefficient of prestressing tendons per meter length	k	- معامل فقد سبق الإجهاد للتغيرات الغير مقصودة لكل متر طولى من صلب سبق الإجهاد
-Statistical constant which determines the safety margin in concrete mix design	K	- ثابت إحصائى يحدد هامش الأمان فى معامل تصميم الخلطة الخرسانية
-A coefficient which takes into account bond properties of the reinforcing bars	K_1	- معامل يأخذ فى الاعتبار التماسك فى الصلب
-Relative rigidity coefficient for soil and foundation	k_r	- الجساءة النسبية للأساس والتربة
- Modulus of subgrade reaction (Winkler coefficient)	k	- معامل ونكلر لرد فعل التربة
-A coefficient which takes into account the strain distribution	K_2	- معامل يأخذ فى الاعتبار شكل توزيع الانفعال
	k_b	- كزازة الكمرة
-Stiffness of lower column	K_l	- كزازة العمود السفلى
	k_m	- معامل لحساب عزوم الانحناء
-Stiffness of upper column	K_u	- كزازة العمود العلوى
-Coefficient for shear force calculation for beams	K_q	- معامل لحساب قوى القص فى الكمرات
-Span between centers of supports	L	- البحر بين مركزى الركيزتين
-Distance between points of inflection	L	- المسافة بين نقاط الانقلاب
-Live loads	L	- أحمال حية
-Average length of the two spans adjacent to the column in the analysis plane	L_{1a}	- متوسط طول البحرين على جانبى العمود فى اتجاه التحليل

English	Symbol	Arabic
-Average length of the two spans adjacent to the column perpendicular to the analysis plane	L_{2a}	– متوسط طول البحرين على جانبى العمود فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
-Length of cantilever	L'	– طول الكابولى
-Distance with heavy stirrups in columns of seismic- resistant frames	L_o	– مسافة تكثيف الكانات فى الأعمدة للإطارات المقاومة للزلازل
-Length of span in the direction where moments are being determined, measured center to center of supports	L_1	– طول البحر فى اتجاه حساب العزوم مقاساً بين مراكز الركائز
-Length beyond the critical section in prestressed concrete	L_a	– الطول بعد القطاع الحرج فى الخرسانة سابقة الإجهاد
-Length of span transverse to L1	L_2	– طول البحر فى الاتجاه المستعرض على L_1
-Transfer length in prestressed concrete	L_t	– طول الانتقال فى الخرسانة سابقة الإجهاد
-Additional length of reinforcing bars at supports or at points of inflection	L_a	– الطول الإضافى لأسياخ التسليح عند الركائز أو عند نقط الانقلاب
-Development length	L_d	– طول التماسك
-Horizontal distance between lateral support and free end	L_{f1}	– المسافة الأفقية بين الدعامة الأفقية والطرف الحر
-Average horizontal distance between lateral supports	L_{f2}	– متوسط المسافة الأفقية بين الدعامات الأفقية
-Clear span	L_n	– البحر الخاص
-Span of member under load test	L_t	– بحر العنصر فى اختبار التحميل
-Span of beam	L_b	– بحر الكمرة
-Safety margin of concrete mix design	M	– هامش أمان تصميم خلطة الخرسانة
-Bending moments	M	– عزوم حانية
-Maximum value of bending moment in member at the stage of computing deflection	M_a	– القيمة القصوى لعزم الانحناء فى عنصر في مرحلة حساب سهم الانحناء
-Additional design moment induced by buckling of column which accounts for the slenderness of column	M_{add}	– عزم تصميم إضافى ناتج عن انبعاج العمود يأخذ فى الاعتبار نحافة العمود

-Minimum cracking moment of concrete	M_{cr}	– أقل عزم يسبب التشرخ في الخرسانة
-Bending moments at column ends resulting from structural analysis	M_1 , M_2	– عزوم الانحناء الناتجة من التحليل الإنشائى عند طرفى العمود
-Total negative bending moments in exterior panels or difference between negative bending moments in interior panels	M_f	– إجمالى العزوم السالبة فى البواكى الخارجية أو فرق العزم فى السالب فى البواكى الداخلية فى البلاطات المسطحة
-End bending moment in beam at its framed connection with exterior column assuming the beam to be totally fixed at both ends	M_f	– العزم الحانى الطرفى للكمرة التى تكون إطاراً مع العمود بفرض أنها كاملة التثبيت عن طرفيها
-Initial design moment in columns before allowance for additional design moment arising out of slenderness	M_i	– العزم التصميمى الابتدائى فى العمود قبل السماح بأخذ عزم انحناء تصميمى إضافى ناتج عن النحافة
-Absolute values of bending moments per unit width in the x and y directions, respectively	$\|m_x\|$ $\|m_y\|$	– القيمة الجبرية المطلقة لعزوم الانحناء لكل وحدة طول داخل الشريحة فى اتجاه x, y على التوالى
-Maximum bending moment in simply supported beam	M_o	– أقصى عزم انحناء فى كمرة بسيطة الارتكاز
-Bending moments per unit width in x and y directions, respectively	m_x , m_y	– القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر فى اتجاه x ، y على التوالى
-Absolute value of torsion moment per unit width	m_{xy}	– القيمة الجبرية المطلقة لعزوم اللى لكل وحدة طول داخل الشريحة
-First order moment	M_{st}	– العزم الأساسى الناتج من التحليل الإنشائى الخطى الأول
-Torsion moments	M_t	– عزوم اللى
-Ultimate torsion moment	M_{tu}	– عزوم اللى القصوى
-Ultimate bending moment	M_u	– العزوم الجانبية القصوى
-Section negative bending moment capacity	$M_{u'}$	– مقاومة القطاع للعزوم السالبة
-Maximum admissible value of ultimate bending moments in singly reinforced sections	M_{umax}	– أكبر قيمة مسموح بها للعزوم الحانية القصوى فى قطاعات مسلحة انفراديا فى الشد

-Effective uniaxial design moment about the x-x axis for the case of biaxial bending	M'_x	- العزم التصميمى المحورى الفعال حول محور x-x فى حالة الأعمدة المعرضة لعزوم ثنائية
-Effective uniaxial design moment about the y-y axis for the case of biaxial bending	M'_y	- العزم التصميمى المحورى الفعال حول محور y-y فى حالة الأعمدة المعرضة لعزوم ثنائية
-Design moment about the x-x axis	M_x	- العزم التصميمي حول محور x-x
-Design moment about the y-y axis	M_y	- العزم التصميمي حول محور y-y
-Ratio of effective length between inflection points of loaded span to total span length in direction a	m_a	- نسبة الطول المعلق بيـن خطـوط الانقلاب فى شريحة محملة مـن البلاطة فى اتجاه البحر a
-Ratio of effective length between inflection points of loaded span to total span length in direction b	m_b	- نسبة الطول المعلق بيـن خطـوط الانقلاب فى شريحة محملة مـن البلاطة فى اتجاه البحر b
- Modular ratio	n	- النسبة المعيارية
-Number of stories	n	- عدد الطوابـق أعلـى المنسـوب المحسوب عند درجة التقييد
-Number of stirrup branches	n	- عدد أفرع الكانة
-Summation of vertical loads	N	- مجموع أحمال التشغيل
-Ultimate tensile force	N_u	- قوة الشد القصوى
-Neutral axis	N.A.	- محور التعادل (الخمول)
-Distributed live load	p	- أحمال التشغيل الحيـة المنتظمـة التوزيع
-Pitch of spiral stirrups	p	- خطوة الكانة الحلزونية
-Axial compressive working load	P	- الضغط المحورى لحمل التشغيل
-Uniformly distributed live load	p_u	- الحمل الحى التصميمى الأقصـى الموزع
-Total live loads on the element	P	- الأحمال الحية الكلية علي العنصر
-Ultimate design vertical load for floor	P_u	- الحمل الرأسي التصميمى الأقصـى فى الدور
-Loads in directions a and b, respectively	P_{a1}, P_{b1}	- الأحمال فى الاتجاهين b,a علـى التوالى

-Ultimate axial compressive load at balanced strain conditions (balanced load)	P_b	- حمل الضغط المحوري الأقصى لحالات الانفعال المتوازن (الحمل المتوازن)
-Perimeter of concrete section exposed to drying	P_c	- محيط المقطع الخرسانى المعرض للجفاف
-Outside perimeter of concrete cross section	p_{cp}	- طول المحيط الخارجى للقطاع
-Prestressing tendon force at jacking end	P_o	- قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد
-Perimeter of the center line of outermost closed transverse torsional reinforcement	p_h	- طول محيط محور الكانات الخارجية اللازمة لمقاومة عزوم اللى
-Ultimate axial compressive load	P_u	- حمل الضغط المحوري الأقصى
-Prestressing tendon force at any point x	P_x	- قوة الشد فى صلب سبق الإجهاد عند المسافة x من بداية مكان تأثير قوة الشد
- Nominal shear stress	q	- إجهاد القص الاعتبارى
- Tensile force in concrete due to unfactored dead load plus live load	N_c	- قيمة الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الأحمال الدائمة والحية)
- Concrete nominal shear strength	q_c	- مقاومة القص الاعتبارية للخرسانة
-Concrete nominal working punching shear strength	q_{cp}	- مقاومة القص الثاقب الاعتبارية للخرسانة
-Concrete nominal ultimate shear strength	q_{cu}	- مقاومة القص الاعتبارية القصوى للخرسانة
-Concrete nominal ultimate punching shear strength	q_{cup}	- مقاومة القص الثاقب الاعتبارية القصوى للخرسانة
-Shear strength resulting from the vertical component of prestressing force	q_{cw}	- إجهاد القص الناتج عن المركبة الرأسية لقوة سبق الإجهاد
-Nominal punching shear stress	q_p	- إجهاد القص الثاقب الاعتبارى
-Shear strength of prestressed concrete	q_{ci}	- مقاومة القص للخرسانة سابقة الإجهاد
-Nominal shear stress provided by shear reinforcement	q_s	- إجهاد القص الاعتباري للتسليح الجزعى
-Shear stress resulting from the vertical component of prestressing force	q_{pv}	- إجهاد القص الناتج عن المركبة الرأسية لقوة سبق الإجهاد

-Nominal shear stress provided by bent-up bars, or inclined stirrups	q_{sb}	– إجهاد القص الاعتباري للأسياخ المكسحة أو الكانات المائلة
-Nominal shear stress provided by stirrups	q_{st}	– إجهاد القص الاعتبارى للكانات
-Nominal shear strength provided by shear reinforcement	q_{su}	– مقاومة القص الاعتبارية لتسليح القص
-Nominal shear strength provided by bent-up bars	q_{sub}	– مقاومة القص الاعتبارية للأسياخ المكسحة
-Nominal shear strength provided by stirrups	q_{sus}	– مقاومة القص الاعتبارية للكانات العمودية على محور العنصر
-Nominal ultimate shear stress	q_u	– إجهاد القص الاعتبارى الأقصى
-Nominal shear stress due to torsion	q_t	– إجهاد القص الاعتباري الناتج عن عزوم اللى
-Shear stress produced by the shear force which results from the external loads and acts simultaneously with Mi	q_i	– الإجهادات الناتجة عن قوى القص لقصوى عند القطاع نتيجة الأحمال الخارجية والتى توجد فى نفس الوقت مع M_i
-Nominal ultimate shear stress due to ultimate torsion	q_{tu}	– إجهاد القص الاعتباري الأقصى الناتج عن عزم اللى الأقصى
- Ultimate shear strength due to shear force	$q_{u\ max}$	– مقاومة القص القصوى نتيجة قوى القص
- Ultimate shear strength due to torsion	$q_{tu\ max}$	– مقاومة القص القصوى نتيجة عزوم اللى
- Nominal ultimate punching shear strength	q_{up}	– مقاومة القص الثاقب الاعتبارية القصوى
-Design shear force in prestressed elements	Q_{du}	– قوى القص التصميمية فى عنصر سابق الإجهاد
-Shear force	Q	– قوة القص
-Vertical component of inclined prestressing force	Q_{pv}	– المركبة الرأسية لقوى سبق الإجهاد للكابلات المائلة
-Punching shear force	Q_p	– قوة القص الثاقب
-Maximum shear force for beams with variable depth	Q_{ur}	– أقصى قوة قص فى حالة الكمرات متغيرة العمق
-Ultimate shear force	Q_u	– قوة القص القصوى
-Ultimate punching shear force	Q_{up}	– قوة القص الثاقب القصوى

-Aspect ratio for rectangular slabs	r	– درجة المستطيلية للبلاطات
-Radius of curvature of ducts containing prestressing reinforcement	r_{ps}	– نصف قطر تقوس الأجربة التـــى تحتوى صلب سبق الإجهاد
-Ultimate flexural strength coefficient for singly reinforced sections in tension	R_{max}	– معامل مقاومة الانحناء الأقصـــى للقطاعات المســـتطيلة المسـلحة ناحية الشد فقط
- Standard deviation	s	– الانحراف المعيارى
-Spacing of shear, or torsion reinforcement in direction parallel to longitudinal reinforcement	s	– المسافة بيـــن تسـليح القـص أو الالتواء في اتجاه مـــواز للتســليح الطولي
-Seismic forces	S	– أحمال ناشئة عن الزلازل
-Spacing between web horizontal reinforcement in deep beams	s_h	– المسافة بين أسياخ التسليح الجذعى الأفقى فى الكمرات العميقة
-Spacing between web vertical reinforcement in deep beams	s_v	– المسافة بين أسياخ التسليح الجذعى الرأسى فى الكمرات العميقة
-Maximum stirrups spacing in seismic resisting columns	s_o	– المسافة القصوى بين الكانات فـــى الأعمدة المقاومة للزلازل
-Initial loaded width for the uniform load equivalent to a concentrated load in the direction perpendicular to the main reinforcement	s_1	– عرض حمل موزع بانتظام مكـافئ لحمل مركز في الاتجاه العمـــودي على التسليح الرئيسي عند الركيزة
-Initial width uniformly loaded for an equivalent concentrated load in the direction parallel to the main reinforcement	S_2	– المقاومة للزلازل توزيـــع حمـل مركز مكافئ فى اتجـــاه مـــواز للتسيلح الرئيسى
-Overall thickness of member	t	– السمك الكلى للعنصر
-Time in hours starting at tensioning of prestressing reinforcement	t	– الزمن بالساعة من بدء الشد فــــى صلب سبق الإجهاد
-Longer dimension of rectangular cross-section	t	– البعد الأطول للمقطع المستطيل
-Side length in buckling plane	t'	– طول الضلع فى اتجاه الانبعاج
-Loads due to temperature effects	T	– الأحمال الناتجـــة عـــن تـــأثيرات درجات الحرارة
-Long dimension of each rectangular part of cross-section	t_1, t_2, t_3	– البعد الأطول لكل جزء مســـتطيل من القطاع

-Loaded width in direction perpendicular to main reinforcement	t_l	– عرض الحمل فى الاتجاه العمودى على التسليح الرئيسى
-Thickness of the equivalent thin walled tube	t_e	– سمك الحائط للقطاع الصندوقى المكافئ للقطاع الأصلى المصمت
-Thickness of flange	t_f	– سمك شفة القطاع
-Minimum thickness	t_{min}	– السمك الأدنى (أقل سمك)
-Angle which determines maximum width for distributing concentrated slab loads	α	– زاوية تحديد العرض الأقصى لتوزيع الأحمال المركزة على البلاطة
-Ratio of moment of inertia of torsion resisting beam to moment of inertia of slab strip	α	– نسبة عزوم القصور الذاتى للكمرة المقاومة للى إلى عزوم القصور الذاتى لشريحة البلاطة
-Thickness of flange of ribbed slab	t_s	– سمك شفة البلاطة ذات الأعصاب
-Virtual thickness of cross- section	t_v	– السمك الافتراضى للمقطع
-Wall thickness of box section	t_w	– سمك الحائط لمقطع صندوقي
-Ultimate load	U	– أقصى حمل
-Ratio of volume of spiral stirrups to stirrup pitch	V_{sp}	– نسبة حجم صلب التسليح الحلزونى للدورة الواحدة
-Distributed load	w	– حمل موزع
-Total equivalent vertical load	W	– الحمل الرأسى المكافئ الكلى
-Ultimate loads	W_u	– أقصى أحمال
-Wind loads	W	– أحمال الرياح ناشئة عن ضغط الرياح
-Distance from jacking end along prestressing tendons	x	– المسافة من بداية طرف الشد للكابلات
-Shorter center-to-center dimension of closed rectangular stirrups	x_1	– البعد الأصغر بين محاور أفرع الكانات المستطيلة المغلقة الخارجية
- Lever arm	y_{ct}	– ذراع العزم
- Longer center-to-center dimension of closed rectangular stirrups	y_1	– البعد الأكبر بين محاور أفرع الكانات المستطيلة المغلقة الخارجية
- Distance between extreme fiber in tension to neutral axis of gross section ignoring the presence of normal and prestressing reinforcement	y_t	– المسافة بين سطح الشد الأقصى ومحور الخمول (التعادل) للقطاع بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى

-Angle between bent bars or inclined stirrups and longitudinal axis of member	α	– الزاوية بين الأسياخ المكسحة أو الكانات المائلة و المحور الطولى للعضو
-Coefficient which accounts for column location in punching shear calculation	α	– معامل يأخذ فى الاعتبار تأثير مكان العمود عند حساب القص الثاقب
-Bending moment coefficients for two way slabs	α,β	– معاملات العزوم الحانية للبلاطات ذات الاتجاهين
-Coefficients used in simplified method for sections subjected to biaxial bending moments	α_b	– معامل يستخدم فى الطريقة المبسطة لقطاع معرض إلى عزوم مزدوجة
-Angle between shear friction reinforcement and shear plane	α_f	– الزاوية بين تسليح قص الاحتكاك ومستوى القص
-Coefficient to distinguish state of lateral bracing building	α	– معامل لتمييز التقييد الجانبى
-Coefficient of thermal expansion of concrete	α_t	– معامل التمدد الحرارى للخرسانة
-Coefficient used in bond length calculation and depends on condition of bar end	α	– معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ عند حساب طول التماسك
-Creep coefficient for deflection calculation	α	– معامل يأخذ تأثير الزحف فى الاعتبار عند حساب سهم الانحناء
-Correction factor depending on bar surface condition	β	– معامل تصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ
-Angle of depth variation measured with respect to beam longitudinal axis	β	– زاوية ميل تغير العمق مقاسة من محور الكمرة
-Ratio of the sum of column stiffness to the sum of beam stiffnesses at the lower end of the column	α_1	– نسبة مجموع كزازة الأعمدة إلى مجموعة كزازة الكمرات عند الطرف السفلى للعمود
-Coefficient which accounts for creep effect on strain	α	– معامل يأخذ تأثير الزحف على الانفعال
-Ratio of the sum of column stiffnesses to the sum of beam stiffnesses at the upper end of the column	α_2	– نسبة مجموع كزازة الأعمدة إلى مجموع كزازة الكمرات عند الطرف العلوى للعمود
-Coefficient which determines raft rigidity	β	– معامل لتحديد جساءة اللبشة

-Long to short span ratio of two way slabs	β	– نسبة البحر الفعـــال الأكـــبر إلـــى الأصغر لبلاطة ذات الاتجاهين
-Coefficient which takes accounts for the bond properties of the bar	β_1	– معامل خـــاص بتماســك صلــب التسليح مع الخرسانة يعتمد علـــى حالة سطح حديد التسليح
-Ratio of the area of stopped reinforcement to total area of section reinforcement	β	– النسبة بين مساحة صلب التســليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح القطاع
-Coefficient which account for the duration of loading or the repeated loading	β_2	– معامل خـــاص بتماســك صلــب التسليح مع الخرسانة يـــأخذ فـــى الاعتبار فترة التحميل
-Coefficient which relates the average crack width to the design crack width	β	– معامل يربط العلاقة بين متوســـط عرض الشرخ والقيمة التصميميـــة لعرض الشرخ
-Exposure strength reduction coefficient for steel	β_{cr}	– معامل خفض مقاومة الصلب طبقاً لدرجة تعرض المنشــأ للعوامــل البيئية
-Coefficient which depends on the eccentricity of shear force	β	– معامل يعتمد على تأثير لا مركزية قوى القص
-Strength reduction factor	γ	– معامل خفض المقاومة
-Poisson's ratio for concrete	ν	– نسبة التشكل العرضى للخرســـانة (نسبة بواسون)
-Strength reduction factor for concrete	γ_c	– معامل خفض المقاومة للخرسانة
-Strength reduction factor for prestressing reinforcement	γ_{ps}	– معامل خفض المقاومة لصلب سبق الإجهاد
-Coefficient of moment transferred by flexure at slab column connection	γ_f	– معامل العزوم المنقولة بالانحنـــاء عند اتصـــال البلاطـــة المســطحة بالعمود
-Coefficient of moment transferred by torsion at flat slab-column connection	γ_q	– معامل العزوم المنقولة باللى عنـــد اتصال البلاطة المسطحة بالعمود
-Strength reduction factor for reinforcement	γ_s	– معامل خفـــض مقاومـــة صلـــب التسليح
-Coefficient used for calculating torsion rigidity of rectangular section	β	– معامل يُستخدم فى حساب جســاءة اللى لقطاع مستطيل

-Coefficient used in calculating an approximate equivalent uniaxial bending moment for sections subjected to biaxial bending moments	β	- معامل يستخدم فى حساب العـــزم المكافئ حول محور واحد لأعمـــدة معرضة لعزوم انحناء مزدوجة
-Correction coefficient for ultimate flexural strength of deep beams	δ_d	- معامل تصحيح للمقاومة القصـــوى للكمرات العميقة
-Correction coefficient for shear strength of deep beams	δ_{dc}	- معامل تصحيح لمقاومـــة القــص للكمرات العميقة
-Maximum deflection in the tested element	δ_{max}	- أكبر قيمة لسهم الانحناء فى العنصر المختبر
-Coefficient for horizontal reinforcement of deep beams	δ_h	- معامل التسليح الأفقى فى الكمـرات العميقة
-Lateral deflection of columns used to include buckling effects	δ	- الإزاحة الجانبية للأعمدة عند أخـذ تأثير الانبعاج
-Coefficient for vertical reinforcement of deep beams	δ_v	- معـــامل التســليح الرأســى فـــى الكمرات العميقة
-Average lateral deflection used to include buckling effects	δ_{av}	- متوسط الإزاحات الجانبية لأعمـــدة الدور الواحـــد عنـــد أخـذ تـــأثير الانبعاج
-A coefficient which accounts for the effect of compressive forces on the nominal shear strength provided by concrete	δ_c	- معامل يأخذ في الاعتبار تأثير قوى الضغــط علـــى مقاومـــة القـــص الاعتبارية للخرسانة
-A coefficient which accounts for the effect of tensile forces on the nominal shear strength provided by concrete	δ_t	- معامل يأخذ في الاعتبار تأثير قوى الشد على مقاومة القص الاعتبارية للخرسانة
-Reduction coefficient for shear stress resulting from torsion moment when combined with shear forces	δ_{ti}	- معامل تخفيض لإجهادات القـــص الناتجة عن عزم اللي المصحــوب بقوى قص
-Reduction coefficient for shear stress resulting from shearing forces when combined with torsion moment	δ_{si}	- معامل تخفيض لإجهادات القـــص الناتجة عن قوى القص المصحوبة بعزوم لي
-Elastic strain in concrete	ε_{el}	- انفعال الخرسانة المرن
-Creep strain due to working stresses in prestressed concrete	ε_{cr}	- الانفعـــال نتيجـــة الزحـــف مـــن إجهادات التشغيل فى خرسانة ســبق الإجهاد

-Change in temperature	Δ_t	– التغير فى درجة الحرارة
-Creep strain in prestressed element in case of increased working stresses	ε^*_{cr}	– الانفعال نتيجة الزحف فى العنصر سابق الإجهاد فى حالة زيادة إجهادات التشغيل
-Strain	ε	– انفعال
-Concrete strain	ε_c	– انفعال الخرسانة
-Losses in prestressing force due to shrinkage	Δf_{psh}	– الفقد فى صلب سبق الإجهاد نتيجة الانكماش للعنصر
-Losses in prestressing force due to elastic shortening	Δf_{pe}	– الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن
-Losses in prestressing force due to relaxation of prestressing steel	Δf_{pr}	– الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد
-Losses in prestressing force due to creep	$\Delta f^{\cdot}_{pcr}$	– الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الزحف
-Coefficient for checking crack width condition	w_k	– معامل التأكد من استيفاء شرط التشرخ
-Creep strain	ε_{cr}	– انفعال الزحف
-Thermal strain	ε_{ct}	– انفعال الحرارة
-Ultimate compressive strain in concrete	ε_{cu}	– أقصى انفعال للضغط فى الخرسانة
-Total strain after time t	ε_t	– الانفعال الكلى عند زمن t
-Axial strain	ε_o	– انفعال محورى
-Total strain in prestressing steel	ε_{ps}	– الانفعال الكلى فى صلب سبق الإجهاد
-Steel strain	ε_s	– انفعال الصلب
-Shrinkage strain	ε_{sh}	– انفعال الانكماش
-Steel strain at yield	ε_y	– انفعال الصلب عند الخضوع
-Prestressing steel strain at yield	ε_{py}	– انفعال صلب سبق الإجهاد عند الخضوع
-Ultimate strain of prestressing steel	ε_{pu}	– الانفعال الأقصى فى صلب سبق الإجهاد
-Strain in prestressing steel due to prestressing force after taking all losses into consideration	ε_{pe}	– الانفعال فى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار

-Strain in concrete at the level of prestressing reinforcement due to prestressing force after taking all losses into consideration	ε_{ce}	– الانفعال فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار
-Strain in prestressing steel due to strain compatibility at ultimate flexural strength limit state	ε_{pc}	– الانفعال فى صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء
-Slenderness ratio for rectangular columns	λ_t, λ_b	– نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة
-Slenderness ratio for circular columns	λ_D	– نسبة النحافة للأعمدة المستديرة
-Slenderness coefficient	λ_i	– معامل النحافة
-Slenderness ratio for walls	λ_t	– نسبة نحافة الحائط
-Coefficient of friction	μ	– معامل الاحتكاك
-Ratio of compression reinforcement in the cross-section	μ'_s	– نسبة صلب تسليح الضغط بالقطاع
-Ratio of non prestressed tension reinforcement in the cross-section	μ_s	– نسبة صلب تسليح الشد بالقطاع
-Maximum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	μ_{max}	– أقصى نسبه مئوية لصلب تسليح الشد في قطاع خرسانة مسلحة مستطيل
- Ratio of volume of spiral stirrups to volume of concrete enclosed by the spiral stirrups	μ_{sp}	– نسبة حجم كانات التسليح الحلزونى إلى حجم قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائرة الكانة الحلزونية
- Diameter of Pile	ϕ	– قطر الخازوق
-Minimum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	μ_{min}	– أدني نسبه مئوية لصلب تسليح الشد في قطاع خرسانة مسلحة
- Creep coefficient	ϕ	– معامل الزحف
-Ratio of prestressed reinforcement	μ_p	– نسبة مساحة صلب سبق الإجهاد
- Diameter of high grade steel 400 / 600 bars	Φ	– قطر سيخ صلب التسليح عالى المقاومة ٤٠٠/٦٠٠
-Diameter of normal mild reinforcing bar	ϕ	– قطر سيخ صلب التسليح الطرى الأملس
- Equivalent diameter of bar bundle	ϕ_e	– القطر المكافئ للحزمة
- Diameter of high grade steel 360 / 520 bars		– قطر سيخ صلب التسليح عالى المقاومة ٣٦٠/٥٢٠
-Effective tension reinforcement ratio	ρ_r	– نسبة تسليح الشد الفعال

-Angle between reinforcing in direction of the x – axis and direction of the principal tensile stresses	θ	– زاوية الميل بين صلب التسليح فى اتجاه المحور x واتجاه إجـــهادات الشد الرئيسية
-Angle of compression diagonals in space truss analogy for torsion	θ	– زاوية ميل أعضاء الضغط القطرية فى نموذج الجمالون الفراغى للى
- Welded steel wire mesh	#	– شبك صلب من الأسياخ الملحومة
-Sum of stiffnesses of upper and lover columns	ΣK_c	– مجموعة كزازتى العمود للانحنـاء أعلى وأسفل منسوب البلاطة
-Stiffness of torsion elements in the equivalent column	K_t	– كزازه عناصر اللى للعمود المكافئ
-Sum of ultimate bending moment strengths of beams at beam – column connection calculated at column face	ΣM_g	– مجموعة مقاومة العزوم القصـــوى للكمرات عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود
-Sum of ultimate bending moment strengths of columns and beam – column connection calculated at the beam face using the value of axial force which produces the minimum flexural capacity	ΣM_c	– مجموع مقاومة العزوم القصـــوى للأعمدة عند منطقة اتصال العمــود بالكمرة محسوبة عند وجه الكمـــرة باستخدام قيمة الحمـــل المحـــورى الذى يعطى أقل مقاومة عزوم
-Factor which depends on the bar position with respect to casting surface	η	– معامل يتوقف على مكـــان السـيخ بالنسبة لسطح الصب
-Factor for type of prestressing tendon	η_p	– معامل يعتمد على نوع صلب سبق الإجهاد
-Strength reduction factor according to the virtual section	η	– معامل تخفيض المقاومة المسموحة طبقاً للسمك الافتراضى

ملحق (٥)

لجان الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

ملحق(٥) لجان الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

اللجنة الدائمة للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية ٢٠٠٠

المستشارون

أ.د. ابراهيم جعفر
أ.د. أحمد على العريان
م. حسن محمد ناصف
م. حلمى الشرقاوى
أ.د. شاكر أحمد البحيرى
م. صلاح الدين محمد حسن (رحمه الله)
م . عبد الرحمن الكاشف
أ.د. عبد الكريم عطا
أ.د. عبد الهادى حسين حسنى
أ.د. عزت هاشم مرسى
أ.د. كمال نصيف غالى
أ.د. محمد العدوى ناصف
أ.د. محمد محمد الهاشمى
أ.د. محمود السيد نصر (رحمه الله)
أ.د. محمود عبد الحميد حلمى

الأعضاء

أ.د. حسن محمد حسين حسنى (رئيساً)
أ.د. ابراهيم محفوظ (نائب الرئيس)
أ.د. منير محمد كمال (مقرراً)
أ.د. ابراهيم قريش
م . ابراهيم محلب
أ.د. أحمد كمال عبد الخالق
أ.د. أشرف حسن الزناتى
أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين
أ.د. حمدى حامد شاهين
أ.د. عبد الرحمن مجاهد
أ.د. عبدالله عبد المطلب أبوزيد
أ.د. عبد الوهاب أبو العينين
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
أ.د. فاطمة الزهراء الرفاعى
أ.د. محمد ابراهيم سليمان
أ.د. محمد السعيد عيسى
لواء . م. محمد نبيل حلمى
أ.د. هانئ محمد الهاشمى

د. إيهاب فؤاد ابراهيم (أمانة فنية)
م. محمد أحمد خفاجه (أمانة فنية)

اللجان التخصصية

لجنة الصياغة والمراجعة	**لجنة تصميم القطاعات الخرسانية**	**لجنة ضبط الجودة**
لجنة المكتب التنفيذى	**لجنة التحليل الإنشائى**	**لجنة التنفيذ**
لجنة المفاهيم والأسس العامة	**لجنة التفاصيل الإنشائية**	**لجنة الخرسانة سابقة الإجهاد**
لجنة المواد وإختبارها		**لجنة الرموز والمصطلحات الفنية**

لجنة الصياغة والمراجعة

أ.د. حسن محمد حسين حسنى (رئيساً)
أ.د. أحمد كمال عبد الخالق (مقرراً)
أ.د. ابراهيم محفوظ
أ.د. أحمد محمد دياب
أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين
أ.د. شاكر أحمد البحيرى
أ.د. عبد الهادى حسين حسنى
أ.د. عزت هاشم مرسى
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
أ.د. محمد العدوى ناصف
أ.د. منير محمد كمال
أ.د. وائل محمد الدجوى
د. عثمان محمد عثمان رمضان
د. إيهاب فؤاد ابراهيم (أمانة فنية)
م. محمد أحمد خفاجه (أمانة فنية)

لجنة المكتب التنفيذى

أ.د. حسن محمد حسين حسنى (رئيساً)
أ.د. ابراهيم محفوظ (مقرراً)
أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين
أ.د. صلاح الدين محمد حسن (رحمه الله)
أ.د. عبد الهادى حسين حسنى
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
أ.د. محمد ابراهيم سليمان
أ.د. محمد العدوى ناصف
أ.د. منير محمد كمال
م. أحمد على حسن (أمانة فنية)

لجنة المفاهيم والأسس العامة

- أ.د. حسن محمد حسين حسنى (رئيساً)
- أ.د. منير محمد كمال (مقرراً)
- أ.د. ابراهيم محفوظ
- أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين
- أ.د. عبد الهادي حسين حسنى
- أ.د. على عبد الرحمن يوسف
- أ.د. كمال نصيف غالى
- أ.د. محمد ابراهيم سليمان
- أ.د. محمد العدوى ناصف
- أ.د. محمود عبد الحميد حلمى
- د. سيد عبد الباقى (أمانة فنية)

لجنة التحليل الإنشائى

- أ.د. محمد العدوى ناصف(رئيساً)
- أ.د. هانئ محمد الهاشمى (مقرراً)
- أ.د. ابراهيم قريش
- أ.د. ابراهيم محفوظ
- أ.د. أحمد كمال عبد الخالق
- أ.د. شاكر أحمد البحيرى
- أ.د. صلاح الدين السعيد المتولى
- أ.د. عبدالله عبد المطلب أبوزيد
- أ.د. عبد الوهاب أبو العينين
- أ.د. عبد الرحمن صادق بازرعه
- أ.د. عز الدين رمزى زغلول
- أ.د. على شريف صلاح الدين
- أ.د. على عبد الرحمن يوسف
- أ.د. كمال نصيف غالى
- أ.د. مجدى السيد قاسم
- أ.د. محمد ابراهيم سليمان
- أ.د. محمد على بركات
- أ.د. محمود عبد الحميد حلمى
- أ.د. نبيل عبد البديع يحيى
- أ.د. وائل محمد الدجوى
- د. باهرة سعيد لطفى
- د. شريف أحمد مراد
- د. عادل جلال العطار
- د. علاء جمال شريف
- د. حسن محمد علام (أمانة فنية)
- م. تامر عبدالله زكى (أمانة فنية)

لجنة المواد وإختبارها

- أ.د. عزت هاشم مرسى (رئيساً)
- أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين (مقرراً)
- أ.د. أحمد على العريان
- أ.د. أحمد محمد دياب
- أ.د. سمير عقبه
- أ.د. عادل أحمد الكردى
- أ.د. عاصم عبد العليم
- أ.د. عبد الرحمن مجاهد
- أ.د. عبد الكريم عطا
- أ.د. عمرو عزت سلامه
- أ.د. فاطمه الزهراء الرفاعى
- أ.د. محمد سامح هلال
- أ.د. مصطفى أدهم الدمرداش
- أ.د. منير محمد كمال
- أ.د. هبه حامد بهنساوى
- د. محمد نجيب أبوزيد
- د. عمرو أمين الحفناوى (أمانة فنية)

لجنة التفاصيل الإنشائية

- م. صلاح الدين محمد حسن (رحمه الله) (رئيساً)
- أ.د. حمدى حامد شاهين (مقرراً)
- م. ابراهيم محلب
- أ.د. أحمد ناجى محمود صدقى
- م. حسن محمد ناصف
- أ.د. شاكر أحمد البحيرى
- أ.د. عبدالله عبد المطلب أبو زيد
- أ.د. مجدى السيد قاسم
- م. مجدى رزق عبده
- أ.د. محمد حسن الزناتى
- أ.د. محيى الدين صلاح شكرى
- أ.د. مصطفى فؤاد الكفراوى
- م. حاتم شاكر البحيرى (أمانة فنية)
- م. سيد حسين سيد (أمانة فنية)

لجنة تصميم القطاعات الخرسانية

- أ.د. كمال نصيف غالى (رئيساً)
- أ.د. أحمد كمال عبد الخالق (مقرراً)
- أ.د. ابراهيم محفوظ
- أ.د. أحمد رجائى أنيس
- أ.د. أشرف حسن الزناتى
- أ.د. حمدى حامد شاهين
- أ.د. سعيد يونس الدبيكى
- أ.د. شاكر أحمد البحيرى
- أ.د. شريف محمد حلمى
- أ.د. صلاح الدين السعيد المتولى
- أ.د. عبد الوهاب أبو العينين
- أ.د. عز الدين رمزى زغلول
- أ.د. عزت حسن فهمى
- أ.د. على عبد الرحمن يوسف
- أ.د. عمر النواوى
- أ.د. محمد السعيد عيسى
- أ.د. محمد العدوى ناصف
- أ.د. محمد طلعت مصطفى
- أ.د. نبيل عبد البديع يحيى
- أ.د. يوسف محمد هاشم
- د. علاء جمال شريف
- د. على شريف عبد الفياض
- د. مشهور غنيم أحمد غنيم
- د. وهبه وهبه الطحان
- م. السيد ابراهيم محمد (أمانة فنية)
- م. تامر حسن الافندى (أمانه فنيه)

لجنة ضبط الجودة

أ.د. عبد الهادى حسين حسنى (رئيساً)
أ.د. فاطمة الزهراء الرفاعى (مقرراً)
أ.د. أحمد على العريان
أ.د. أميمة أحمد صلاح الدين
أ.د. عبد الرحمن مجاهد
أ.د. عزت هاشم مرسى
أ.د. عمرو عزت سلامه
أ.د. فاروق على الحكيم
م. محمد حلمى الشرقاوى
أ.د. منير محمد كمال
أ.د. هبه حامد بهنساوى
د. السعيد ابراهيم زكى
د. حازم محمد عبد اللطيف (أمانة فنية)

لجنة التنفيذ

م. حسن محمد ناصف (رئيساً)
أ.د. أحمد ناجى محمود صدقى (مقرراً)
م. ابراهيم محلب
م. صلاح الدين محمد حسن (رحمه الله)
أ.د. شادية نجا الإبيارى
أ.د. عبد الهادى حسين حسنى
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
م. محمد حلمى الشرقاوى
م. مجدى رزق عبده
لواء م. محمد نبيل حلمى
مقدم م. أشرف محمد وجيه
د. خالد زكى سليمان (أمانة فنية)

لجنة الخرسانة سابقة الإجهاد

أ.د. عبد الهادى حسين حسنى (رئيساً)
أ.د. ابراهيم محفوظ (مقرراً)
م . ابراهيم محلب
أ.د. أحمد كمال عبد الخالق
أ.د. أحمد محمد دياب
أ.د. اشرف حسن الزناتى
أ.د. شاكر أحمد البحيرى
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
أ.د. محمود عبد الحميد حلمى
أ.د. منير محمد كمال
د . عادل جلال العطار
د. عمرو على عبد الرحمن
د . مراد ميشيل باخوم
م. تامر محمود الركيب (أمانة فنية)
م. طارق محمد بهاء الدين (أمانة فنية)

لجنة الرموز والمصطلحات الفنية

أ.د. أحمد على العريان (رئيساً)
أ.د. شادية نجا الإبيارى (مقرراً)
أ.د. ابراهيم محفوظ
أ.د. عزت هاشم مرسى
أ.د. عمرو عزت سلامه
د. حداد سعيد حداد (أمانة فنية)

صدر فى الوقائع المصرية فى العدد رقم ١١٦

بتاريخ ٢ ربيع الأول لسنة ١٤٢٢ هـ الموافق ٢٦ مايو لسنة ٢٠٠١م

رقم الايداع بدار الكتب المصرية ٢٦٨ لسنة ٢٠٠١

صدر فى الوقائع المصرية فى العدد رقم ١١٦
بتاريخ ٢ ربيع الأول لسنة ١٤٢٢ هـ الموافق ٢٦ مايو لسنة ٢٠٠١م
رقم الايداع بدار الكتب المصرية ٢٦٨ لسنة ٢٠٠١